

SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI CAMPURAN KOTORAN SAPI DAN
ECENG GONDOK (*EICHHORNIA CRASSIPES*)
TERHADAP PRODUKSI BIOGAS
DI DESA AEK KUASAN
TAHUN 2022**



Disusun Oleh

**WAHYU NABILA KHAIRUNNISA
NIM : P00933218038**

**PRODI SARJANA TERAPAN SANITASI LINGKUNGAN
JURUSAN KESEHATAN LINGKUNGAN
POLTEKKES KEMENKES
MEDAN
2022**

SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI CAMPURAN KOTORAN SAPI DAN
ECENG GONDOK (*EICHHORNIA CRASSIPES*)
TERHADAP PRODUKSI BIOGAS
DI DESA AEK KUASAN
TAHUN 2022**

Sebagai Syarat Menyelesaikan Pendidikan Program Studi
Diploma IV



Disusun Oleh

**WAHYU NABILA KHAIRUNNISA
NIM : P00933218038**

**PRODI SARJANA TERAPAN SANITASI LINGKUNGAN
JURUSAN KESEHATAN LINGKUNGAN
POLTEKKES KEMENKES
MEDAN
2022**

LEMBAR PERSETUJUAN

**Judul : Pengaruh Variasi Vampuran Kotoran Sapi Dan Eceng Gondok
(*Eichornia Crassipes*) Terhadap Produksi Biogas Di Desa Aek
Kuasan Tahun 2022**

Nama : Wahyu Nabila Khairunnisa

NIIM : P00933218038

Telah Diterima dan Disetujui Untuk Diseminarkan
Dihadapan Tim Penguji Skripsi Poltekkes Kemenkes RI Medan Jurusan
Kesehatan Lingkungan Program Studi Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan
Kabanjahe, Agustus 2022

Menyetujui,
Pembimbing Utama

Restu Auliani, ST, M.Si
NIP. 198802132009122002

**Ketua Jurusan Kesehatan Lingkungan
Politeknik Kesehatan Kemenkes Medan**

Erba Kalto Manik, SKM, M.Sc
NIP. 196203261985021001

LEMBAR PENGESAHAN

**Judul : Pengaruh Variasi Vampuran Kotoran Sapi Dan Eceng Gondok
(*Eichornia Crassipes*) Terhadap Produksi Biogas Di Desa Aek
Kuasan Tahun 2022**

Nama : Wahyu Nabila Khairunnisa

NIIM : P00933218038

**Skripsi ini Telah Diuji Pada Sidang Ujian Akhir Program
Jurusan Kesehatan Lingkungan Program Studi Sanitasi Lingkungan
Poltekkes Kemenkes RI Medan
Kabanjahe, Agustus 2022**

Penguji I

Penguji II

Heasti Sembiring, SST. MSc

NIP. 197206181997032003

Desy Ari Apsari, SKM. MPH

NIP. 197404201998032003

Ketua Penguji

Restu Auliani, ST, M.Si

NIP. 198802132009122002

**Ketua Jurusan Kesehatan Lingkungan
Politeknik Kesehatan Kemenkes Medan**

Erba Kalto Manik, SKM, M.Sc

NIP. 196203261985021001

**KEMENTERIAN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
POLITEKNIK KESEHATAN MEDAN
JURUSAN KESEHATAN LINGKUNGAN KABANJAHE**

**SKRIPSI, AGUSTUS 2022
WAHYU NABILA KHAIRUNNISA**

**“PENGARUH VARIASI CAMPURAN KOTORAN SAPI DAN ECENG GONDOK
(*EICHHORNIA CRASSIPES*) TERHADAP PRODUKSI BIOGAS
DI DESA AEK KUASAN TAHUN 2022”**

44 HALAMAN + 8 TABEL + 3 LAMPIRAN

ABSTRAK

Eceng gondok (*eichhornia crasipes*) merupakan jenis gulma yang hidup diperairan dengan pertumbuhannya yang sangat cepat. keberadaan eceng gondok yang berlebihan akan berpengaruh terhadap kadar CO₂ pada air. Kotoran sapi adalah limbah hasil pencernaan sapi yang mengandung hemiselulosa sebesar 18,6 %, selulosa 25,2 %, lignin 14,2 %, nitrogen 2,29 %, fosfat 1,25 %, dan kalium sebesar 1,38 %. Kurangnya penanganan terhadap kotoran sapi akan menimbulkan bau dan mencemari lingkungan. Pemanfaatan eceng gondok dan kotoran sapi menjadi biogas merupakan salah satu alternatif karena merupakan energi terbarukan yang ramah lingkungan.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perbandingan hasil produksi biogas dari campuran limbah kotoran sapi dengan tanaman eceng gondok, dengan berbagai variasi konsentrasi campuran.

Hasil penelitian menunjukkan volume biogas yang dihasilkan pada variasi X₁ yaitu (1:1:1) dalam 5 liter air, 5 kg eceng gondok dan 5 kg kotoran sapi dengan suhu awal 27 °C dan akhir 30 °C volume gas pada ban dari hari ke-04 sampai hari ke-20 yaitu 5,380 cm³ – 11,682 cm³. variasi X₂ yaitu (1:2:1) dalam 5 liter air, 10 kg eceng gondok dan 5 kg kotoran sapi dengan suhu awal 26 °C dan akhir 29 °C volume gas pada ban dari hari ke-04 sampai hari ke-20 yaitu 3,858 cm³ – 7,854 cm³. Sedangkan, pada variasi X₃ yaitu (1:1:2) dalam 5 liter air, 5 kg eceng gondok dan 10 kg kotoran sapi dengan suhu awal 27 °C dan akhir 32 °C volume gas pada ban dari hari ke-04 sampai hari ke-20 yaitu 5,676 cm³ – 9,883 cm³.

Dapat disimpulkan bahwa variasi X₁ yaitu (1:1:1) dalam 5 liter air, 5 kg eceng gondok dan 5 kg kotoran sapi lebih banyak mengandung gas dibandingkan dengan variasi lainnya.

Kata kunci : Eceng Gondok, Biogas, Kotoran sapi, Volume Gas, Nyala Api

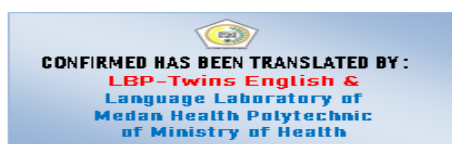
**INDONESIAN MINISTRY OF HEALTH
MEDAN HEALTH POLYTECHNIC
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL HEALTH, KABANJAHE BRANCH
Thesis, August 2022
WAHYU NABILA KHAIRUNNISA**

**"THE EFFECT OF VARIATIONS IN THE MIXTURE OF COW DUNG AND
HYACINTH (EICHHORNIA CRASSIPES) ON BIOGAS PRODUCTION IN AEK
KUASAN VILLAGE IN 2022"
44 PAGES + 8 TABLES + 3 APPENDICES**

ABSTRACT

Hyacinth (*eichhornia crasipes*) is a type of weed that lives in water with its very rapid growth. excessive presence of hyacinths will affect CO_2 levels in water. Cow dung is waste from cow digestion containing hemicellulose by 18.6%, cellulose by 25.2%, lignin by 14.2%, nitrogen by 2.29%, phosphate by 1.25%, and potassium by 1.38%. The lack of handling of cow dung will cause odors and pollute the environment. The use of hyacinth and cow dung into biogas is one alternative because it is an environmentally friendly renewable energy. The purpose of this study was to determine the comparison of biogas production results from a mixture of cow dung waste with hyacinth plants, with various variations in mixed concentrations. The results showed the volume of biogas produced in the X1 variation, namely (1: 1: 1) in 5 liters of water, 5 kg of hyacinth and 5 kg of cow dung with an initial temperature of 27 °C and a final 30 °C volume of gas on tires from day 04 to day 20, namely 5,380 cm^3 – 11,682 cm^3 . X2 variations i.e. (1:2:1) in 5 liters of water, 10 kg of hyacinth and 5 kg of cow dung with an initial temperature of 26 °C and a final 29 °C volume of gas on tires from day 04 to day 20 which is 3,858 cm^3 – 7,854 cm^3 . Meanwhile, in the X3 variation, namely (1: 1: 2) in 5 liters of water, 5 kg of hyacinth and 10 kg of cow dung with an initial temperature of 27 °C and a final 32 °C volume of gas on tires from day 04 to day 20, which is 5,676 cm^3 – 9,883 cm^3 . It can be concluded that the X1 variation is (1:1:1) in 5 liters of water, 5 kg of hyacinth and 5 kg of cow dung containing more gas than in other variations.

Keywords : Hyacinth, Biogas, Cow Dung, Gas Volume, Flame



BIODATA PENULIS



Nama : Wahyu Nabila Khairunnisa
Nomor Inbuk Mahasiswa : P00933218038
Tempat/Tanggal Lahir : Aek Kuasan, 17 April 2001
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Anak Ke : 5 (Lima) Dari 5 (Lima) Saudara
Alamat : Aek Kuasan Lingkungan Vi, Kel. Aek Loba Pekan,
Kec. Aek Kuasan, Kab. Asahan
Nama Ayah : Tukijan
Nama Ibu : Sudarmi

Riwayat Pendidikan

SD (2006 - 2012) : MIS AEK KUASAN
SMP (2012 - 2015) : MTS ISMAILIYAH AEK KUASAN
SMA (2015 - 2018) : SMA N1 PULAU RAKYAT
DIPLOMA IV (2018 - 2022) : POLITEHNIK KESEHATAN KEMENTERIAN RI
MEDAN JURUSAN SANITASI LINGKUNGAN

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur diucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya yang telah memberikan penulis kemampuan, kesempatan, dan kemudahan dalam mengerjakan Skripsi ini yang berjudul "**Pengaruh Variasi Campuran Kotoran Sapi Dan Eceng Gondok (*Echhornia Crasipes*) Terhadap Produksi Biogas Di Desa Aek Kuasan Tahun 2022**". Penyusunan Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Pendidikan Sarjana Sanitasi Terapan pada Program Studi Sanitasi Kesehatan lingkungan Politeknik Kesehatan Medan.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharap berbagai kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca sebagai bahan masukan bagi penulis. Penulis menyadari pula dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan masukan dan bimbingan dari berbagai pihak, untuk ini perkenankan penulis untuk mengucapkan terimakasih kepada yang terhormat :

1. Ibu Dra.Ida Nurhayati, M.Kes selaku Direktur Politeknik Kesehatan RI Medan
2. Bapak Erba Kalto Manik, SKM,M.Sc selaku ketua Jurusan Kesehatan Lingkungan Kabanjahe
3. Ibu Haesti Sembiring, SST, M.Sc selaku Sekretaris Jurusan Kesehatan Lingkungan Kabanjahe.
4. Ibu Susanti Br Perangin-angin, SKM,M.Kes, selaku kaprodi sarjana terapan sanitasi lingkungan kabanjahe
5. Ibu Restu Auliani, ST,Msi selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan nasukan dan saran kepada penulis sejak awal pembuatan skripsi hingga terselesaikannya skripsi ini.
6. Ibu Haesti Sembiring, SKM,M.Kes dan Ibu Desy Ari Apsari, SKM.MPH Selaku Dosen peguji yang telah memberikan bimbingan dan masukan untuk penyempurnaan skripsi penulis.

7. Seluruh Dosen, Staff dan Pegawai Jurusan Kesehatan Lingkungan yang telah memberikan banyak kesan membantu selama masa perkuliahan penulis.
8. Teristimewa kepada kedua Orang Tua saya Bapak Tukijan dan Ibu Sudarmi senantiasa memberikan doa, pengertian, kasih sayang, dukungan dan menjadi semangat bagi penulis serta memahami saya selama ini dari awal hingga akhir penulisan skripsi ini.
9. Teristimewa juga untuk Kakak saya Juliani, S.Pd dan Abang saya Jhon Eriadi, ST, Koprak Rahmad Sapri, dan Prada Fitra Wal Syahril yang telah banyak membantu, do'a, dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Kepada Grup Keluarga Janmi, Grup Harjowikarta Family dan Grup WARKOP Derby dan Delva yang telah membantu, memberi semangat, dukungan dan doa agar penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini.
11. Kepada Grup Cewe-Cewe Idaman, Sinar Hari Raya Siregar, Melinda Amalia Harahap, Nona Armila Tanjung, Annisa Khofifah Daulay, dan Ummu Fahira Lubis yang telah memberikan semangat dan do'a dalam menyelesaikan skripsi ini.
12. Kepada Bang Andri Wibowo yang telah banyak membantu saya dalam melaksanakan penelitian ini yang memberikan masukan dan membantu saya selama penelitian ini.
13. Kepada Putri Yulia dan Greace Febrianti Sianturi yang telah menjadi rekan akhir perjuangan dalam menyelesaikan skripsi ini.
14. Seluruh teman-teman seperjuangan satu kelas D-IV Sanitasi Lingkungan yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah menjadi rekan belajar dan menjadi keluarga selama proses pendidikan.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah memberikan bantuan dan pengarahan, bimbingan dan kritik dalam penyelesaian Skripsi, dari semua pihak yang sangat diharapkan guna penyempurnaan Skripsi ini. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat.

Kabanjahe, Agustus 2022

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GRAFIK	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
C.1 Tujuan Umum.....	3
C.2 Tujuan Khusus	3
D. Manfaat Penelitian	4
D.1 Prodi Sanitasi	4
D.2 Peneliti	4
D.3 Masyarakat.....	4
D.4 Lingkungan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. TinjauanPustaka	5
A.1. Sejarah Biogas	5
A.2. Biogas	6
A.3. Tahapan Pembentukan Biogas.....	7
A.4. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Laju Pembentukan Biogas.....	9
A.5. Keunggulan Biogas.....	12
A.6. Reaktor Biogas	13
A.7. Kotoran Sapi.....	16
A.8. Eceng Gondok	16

B. Penelitian Terdahulu	18
C. Kerangka Konsep	19
D. Defenisi Operasional.....	20
BAB III METODE PENELITIAN	21
A. Jenis dan Desain Penelitian.....	21
A.1. Jenis Penelitian	21
A.2. Desain Penelitian.....	21
B. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	22
B.1 Lokasi Penelitian	22
B.2 Waktu Penelitian.....	22
C. Objek Penelitian.....	22
D. Alur Penelitian.....	23
E. Prosedur Pelaksanaan Penelitian	25
E.1 Pembuatan Reaktor Biogas.....	25
E.2 Persiapan Bahan Isian Reaktor	25
E.3 Pelaksanaan Penelitian	27
F. Jenis Data	28
G. Pengolahan Data dan Analisa Data	28
G.1 Pengolahan Data	28
G.2 Analisa Data	28
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN	29
A. Hasil Penelitian	29
B. Pembahasan Penelitian	33
B.1 Suhu	37
B.2 Ukuran Parikel Substrat.....	38
B.3 Tahapan Pembentukan Biogas.....	38
C. Hambatan Penelitian	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	41
A. Kesimpulan	41
B. Saran	41
DAFTAR PUSTAKA.....	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Reaktor Kubah Tetap (<i>Fixed Dome</i>) (Mayasari, 2010)	14
Gambar 2.2 Reaktor Terapung (<i>Floating Drum</i>) (Mayasari, 2010)	15
Gambar 2.3 Reaktor Balon (<i>Ballon Reactor</i>) (Mayasari, 2010)	15
Gambar 3.1 Contoh Reaktor	26
Gambar 4.1 Pengukuran Volume Ban	36
Gambar 4.2 Uji Nyala Api	39

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Gas Yang Terdapat Dalam Biogas.....	7
Tabel 2.2 Rasio C/N Beberapa Limbah Kotoran/Fese	11
Tabel 2.3 Komposisi Gas	17
Tabel 2.4 Definisi Operasional	20
Tabel 3.1 Desain Penelitian	21
Tabel 3.2 Alat Dan Bahan Reaktor	24
Tabel 3.3 Alat Dan Bahan Isian Reaktor	25
Tabel 4.1 Pengamatan Gas Yang Dilakukan Pada Reaktor Berdasarkan Variasi Campuran.....	30
Tabel 4.2 Uji Nyala Api	32

DARTAR GRAFIK

Grafik 4.1	Grafik Pengukuran Pertambahan Volume Gas Pada Ban	34
Grafik 4.2	Grafik Pengukuran Pertambahan Volume Gas Pada Ban Pengulangan Kedua	35
Grafik 4.3	Grafik Pengukuran Suhu Bahan Isian Reaktor Biogas.....	37

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kelangkaan bahan bakar merupakan masalah yang krusial dalam beberapa tahun ini. Kebutuhan energi dunia akan terus meningkat sejalan dengan penambahan penduduk dan pertumbuhan ekonomi yang diperkirakan akan tumbuh rata-rata 1,7% hingga tahun 2030. Permintaan energi tumbuh pesat, sedangkan pasokan minyak bumi berkurang dan tidak stabil, disisi lain penggunaan bahan bakar fosil mengandung senyawa beracun yang membahayakan. Kelangkaan energi tidak hanya terjadi di Indonesia, melainkan juga dinegara lain, hal ini secara tidak langsung berdampak terhadap perekonomian negara, terutama bagi negara miskin dan sedang berkembang, termasuk Indonesia. Sehingga sudah saatnya memutuskan ketergantungan terhadap sumber energi fosil dan beralih ke sumber energi alternatif berbahan baku nabati yang sifatnya terbarukan seperti pemanfaatan biomassa (bahan organik) untuk produksi biogas (Renilaili,2015).

Salah satu energi alternatif pengganti bahan bakar minyak adalah biogas. Biogas berasal dari berbagai limbah bahan organik seperti sampah biomassa, kotoran manusia, kotoran hewan yang dapat dimanfaatkan menjadi energi melalui proses anaerobik digestion oleh mikroorganisme sebagai sumber energi alternatif pengganti bahan bakar minyak. Proses anaerobik tersebut melibatkan berbagai faktor abiotis yang dapat mempengaruhi produksi dan kualitas biogas yang dihasilkan untuk menghasilkan gas yang sebagian besar berupa gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2). Proses dekomposisi anaerobik dibantu oleh sejumlah mikroorganisme, terutama bakteri penghasil gas metan (Kendali Wongso Aji Dan, 2015).

Selain menjadi bahan energi alternative, keuntungan dalam memproduksi biogas antara lain energi yang dihasilkan adalah energi yang bersih dan dapat diperbaharui serta bahan bakar yang dihasilkan berkualitas tinggi. Secara lingkungan, keuntungan yang diperoleh adalah dapat mengurangi polusi udara (Renilaili, 2015). Selain itu, proses biogas dapat menghasilkan endapan lumpur (*slurry*) yang mengandung unsur-unsur hara sehingga dapat dimanfaatkan

langsung sebagai pupuk organik yang juga memiliki nilai ekonomi. Kelebihan lain dalam pemanfaatan biogas dibandingkan energi terbarukan lainnya selain ketersediaan bahan dasar yang sangat melimpah, seperti limbah organik padat dan limbah organik cair, penggunaan biogas secara langsung dapat turut mempertahankan kelestarian lingkungan. Secara tidak langsung akan menurunkan praktik-praktik penggundulan hutan (*deforestasi*), menyebabkan erosi tanah, serta banjir.

Menurut Sulistiyanto (2016) pembuatan biogas dengan teknologi biodigester sangat sederhana, hanya dengan memasukkan substrat (kotoran ternak) ke dalam tabung digester yang anaerob. Dalam waktu tertentu gas akan terbentuk dapat digunakan sebagai sumber energi, misalnya untuk kompor gas atau listrik. Penggunaan biodigester dapat membantu pengembangan sistem pertanian dengan mendaur ulang kotoran ternak untuk memproduksi biogas dan diperoleh hasil samping (*by-product*) berupa pupuk organik. Selain itu, dengan pemanfaatan biogas dapat mengurangi emisi gas metan (CH_4) yang dihasilkan pada dekomposisi bahan organik yang diproduksi dari sektor pertanian dan peternakan, karena kotoran sapi tidak dibiarkan terdekomposisi secara terbuka melainkan difermentasi menjadi biogas.

Limbah kotoran ternak adalah salah satu jenis limbah yang dihasilkan dari kegiatan peternakan. Limbah peternakan merupakan salah satu sumber bahan yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan biogas. Di Desa Aek Kuasan jumlah sapi kurang lebih 300 ekor, dari seekor sapi per harinya dapat menghasilkan limbah sebanyak 30 kg dalam 15 kali pembuangan (BAB) (Kumpara, 2018). Peternak sapi di Desa Aek Kuasan tidak memiliki cara khusus sebagai penanganan limbah kotoran sapi milik mereka. Beberapa masyarakat Desa Aek Kuasan membuang limbah kotoran ternak secara sembarangan di pekarangan rumah. Hal itu mengakibatkan sanitasi pada setiap pekarangan rumah yang memiliki sapi menjadi tidak terkondisikan, sehingga menimbulkan bau tidak sedap yang ditimbulkan oleh gas amoniak (NH_3) dan gas Hidrogen Sulfida (H_2S), dan masalah lingkungan lainnya.

Kotoran ternak merupakan pilihan yang tepat sebagai bahan baku pembuatan biogas, karena di dalam kotoran ternak telah mengandung nitrogen, fosfor dan kalium yang merupakan kandungan nutrient utama untuk bahan pengisi biogas sekaligus bakteri metanogenik yang dapat menghasilkan gas

metan. Pembuatan biogas merupakan strategi alternatif sebagai pemanfaatan limbah yang terabaikan menjadi limbah yang dapat menguntungkan.

Dalam pembuatan energi alternatif biogas memerlukan berbagai bahan campuran limbah organik yang berasal dari tumbuhan, buah-buahan, sayur mayur dan lain sebagainya. Campuran ini berfungsi sebagai katalisator peningkatan jumlah biogas yang diproduksi.

Eceng gondok adalah salah satu tumbuhan yang dapat dimanfaatkan dalam produksi biogas karena mempunyai kandungan hemiselulosa yang cukup besar dibandingkan komponen organik tunggal lainnya (Edhi Sarwono, Febri Subekti, 2018). Hemiselulosa adalah polisakarida kompleks yang merupakan campuran polimer yang jika dihidrolisis menghasilkan produk campuran turunan yang dapat diolah dengan metode anaerobik digestion untuk menghasilkan dua senyawa campuran sederhana berupa metan dan karbon dioksida yang biasa disebut biogas, terdiri dari bahan yang dapat difermentasikan dan berpotensi sangat besar dalam menghasilkan biogas.

Berdasarkan latar belakang diatas perlu dilakukan penelitian tentang “Produksi Biogas Dari Kotoran Sapi Dan Tanaman Eceng Gondok Dengan Perbedaan Variasi Konsentrasi campuran”.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah, sebagai berikut:

Bagaimana perbandingan hasil produksi biogas dari campuran limbah kotoran sapi dengan tanaman eceng gondok?

C. Tujuan Penelitian

C.1 Tujuan Umum

Untuk mengetahui perbandingan hasil produksi biogas dari campuran limbah kotoran sapi dengan tanaman eceng gondok, dengan berbagai variasi konsentrasi campuran.

C.2 Tujuan Khusus

1. Untuk mengetahui volume biogas yang dihasilkan dari campuran kotoran sapi dan eceng gondok dengan variasi air:eceng gondok: kotoran sapi yaitu sebagai $X_1(1:1:1)$.

2. Untuk mengetahui volume biogas yang dihasilkan dari campuran kotoran sapi dan eceng gondok dengan variasi air : eceng gondok : kotoran sapi yaitu sebagai X_2 (1:2:1).
3. Untuk mengetahui volume biogas yang dihasilkan dari campuran kotoran sapi dan eceng gondok dengan variasi air : eceng gondok : kotoran sapi yaitu sebagai X_3 (1:1:2).

D. Manfaat Penelitian

D.1 Prodi Sanitasi

Manfaat untuk prodi sanitasi adalah sebagai sumber pembelajaran dan sebagai pengembangan sumber pembelajaran.

D.2 Peneliti

Dapat menambah pengalaman dan pengetahuan yang lebih luas tentang pemanfaatan kotoran sapi dan fungsi tanaman eceng gondok sebagai penghasil energi alternatif.

D.3 Masyarakat

Memberi informasi kepada masyarakat bahwa pemanfaatan kotoran sapi dan tanaman eceng gondok tidak hanya di gunakan sebagai pupuk kandang, akan tetapi dapat di manfaatkan sebagai penghasil energi alternatif.

D.4 Lingkungan

Dengan dilakukan penelitian ini diharapkan dapat mengurangi pencemaran pada lingkungan yaitu polusi udara, darat, dan air yang di sebabkan kotoran sapi dan melimpahnya keberadaan tanaman eceng gondok di perairan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Pustaka

A.1 Sejarah Biogas

Sejarah penemuan biogas dimulai dari warga Mesir, China dan Roma kuno yang menggunakan gas metan untuk dibakar dan digunakan sebagai penghasil panas. Sedangkan proses fermentasi untuk menghasilkan gas metan pertama kali ditemukan oleh Alessandro Volta pada tahun 1776. Beberapa dekade berikutnya, pada tahun 1806, William Henry melakukan identifikasi gas yang dapat terbakar. Penelitian berikutnya dilakukan oleh Becham (1868), Pasteur dan Tappeiner (1882) yang memperlihatkan asal mikrobiologis dari pembentukan metan. Era penelitian Pasteur menjadi landasan untuk penelitian biogas hingga saat ini.

Adapun alat penghasil biogas secara anaerobik pertama dibangun pada tahun 1900. Pada akhir abad ke-19, riset untuk menjadikan gas metan sebagai biogas dilakukan oleh Jerman dan Perancis pada masa antara dua Perang Dunia. Selama Perang Dunia II, banyak petani di Inggris dan Benua Eropa yang membuat alat penghasil biogas kecil yang digunakan untuk menggerakkan traktor. Akibat kemudahan dalam memperoleh bahan bakar minyak dan harganya yang murah pada tahun 1950-an, proses pemakaian biogas ini mulai ditinggalkan. Tetapi, di negara-negara berkembang kebutuhan akan sumber energi yang murah dan selalu tersedia selalu ada. Oleh karena itu, di India kegiatan produksi biogas terus dilakukan semenjak abad ke-19. Saat ini, negara berkembang lainnya, seperti China, Filipina, Korea, Taiwan, dan Papua Nugini, telah melakukan berbagai riset dan pengembangan alat penghasil biogas. Selain di negara berkembang, teknologi biogas juga telah dikembangkan di negara maju seperti Jerman.

Teknologi biogas mulai diperkenalkan di Indonesia pada tahun 1970-an. Pada awalnya teknik pengolahan limbah dengan instalasi biogas dikembangkan di wilayah pedesaan, tetapi saat ini teknologi ini sudah mulai diterapkan di wilayah perkotaan. Pada tahun 1981, pengembangan instalasi biogas di Indonesia dikembangkan melalui Proyek Pengembangan Biogas dengan

dukungan dana dari *Food and Agriculture Organization (FAO)* dengan dibangun contoh instalasi biogas di beberapa provinsi. Mulai tahun 2000-an telah dikembangkan reaktor biogas skala kecil (rumah tangga) dengan konstruksisederhana yang terbuat dari plastik secara siap pasang dan dengan harga yang relatif murah (Nasution, 2018).

A.2 Biogas

Biogas adalah gas yang mudah terbakar (*flammable*) yang dihasilkan dari proses fermentasi (pembusukan) bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi tanpa oksigen yang ada dalam udara). Proses fermentasi ini sebetulnya terjadi secara alamiah tetapi membutuhkan waktu yang relatif lama. Biogas merupakan salah satu sumber energi terbarukan karena keberadaan bahan baku akan terus ada selama kehidupan ini masih berlangsung. Biogas berbeda dengan bahan bakar fosil (minyak bumi dan batu bara) yang merupakan bahan bakar tidak dapat diperbaharui. Pada umumnya semua jenis bahan organik yang diproses untuk menghasilkan biogas, tetapi hanya bahan organik padat dan cair homogen seperti kotoran urin hewan ternak yang cocok untuk sistem biogas. Diperkirakan ada tiga jenis bahan baku untuk dikembangkan sebagai bahan baku biogas di Indonesia, antara lain kotoran hewan dan manusia, sampah organik, dan limbah cair.

Biogas merupakan salah satu energi terbaru yang dihasilkan dari proses anaerob dari bahan-bahan limbah atau sisa maupun bahan-bahan organik lainnya. Untuk menghasilkan biogas dibutuhkan reaktor biogas (digester) yang merupakan suatu instalasi kedap udara sehingga proses dekomposisi bahan organik dapat berjalan secara optimum (Wahyuni, 2015). Pada umumnya semua bahan organik mengandung selulosa dan lignin yang lebih lama terdekomposisi dibanding dengan kotoran ternak sehingga untuk menghasilkan proses yang optimal, bahan yang digunakan sebaiknya merupakan campuran limbah pertanian dengan kotoran ternak (Wahyuni, 2013). Biogas tidak berbau dan berwarna, apabila dibakar akan menghasilkan nyala api biru cerah seperti gas LPG (Wahyuni, 2015).

Biogas terbentuk pada hari ke 4-5 sesudah biodigester terisi penuh dan mencapai puncak pada hari ke 20-25. Biogas yang dihasilkan sebagian besar

terdiri dari 50-70% metana (CH₄), 30-40% karbondioksida (CO₂) dan gas lainnya dalam jumlah kecil (Fitria B, 2009 dalam Harsono, 2013). Karena sifat gas metan yang mudah terbakar, maka biogas dapat dipakai sebagai sumber energi alternatif bagi masyarakat. Komposisi biogas akan bervariasi bergantung pada substrat (bahan baku) yang diolah (Haryanto, 2014).

Tabel 2.1. Komposisi Gas Yang Terdapat Dalam Biogas

No. Gas	Jumlah(%)	
	Hadi(1981)	Price(1981)
1. Methan(CH ₄)	54 – 70	65 – 75
2. Karbondioksida(CO ₂)	27 – 35	25 – 30
3. Nitrogen(N ₂)	0,5 - 2,0	Kurang dari 1,0
4. Hidrogen(H ₂)	-	Kurang dari 1,0
5. Karbon Monoksida(CO)	0,1	-
6. Hidrogen sulfida(H ₂ S)	Kecil	Kurang dari 1,0

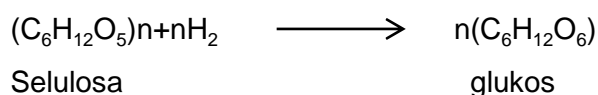
Sumber : Sri Wahyuni (2011)

A.3 Tahapan Pembentukan Biogas

Pembentukan biogas terdiri atas tiga tahap yaitu tahap hidrolisis, tahap asifikasi dan tahap metanogenesis.

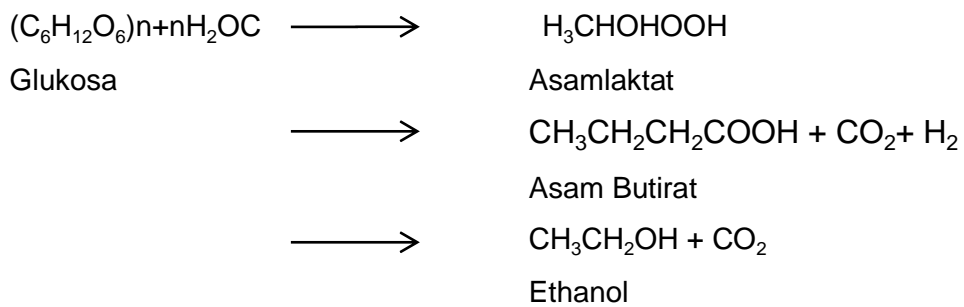
a. Tahap hidrolisis

Hidrolisis merupakan tahap awal dalam proses fermentasi anaerob, yaitu dengan mengubah senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Selama proses hidrolisis, polimer-polimer seperti karbohidrat, lemak, dan protein diubah menjadi glukosa, gliserol dan asam amino. Mikroba hidrolitik seperti *cellulomonas sp.*, *Chytopaga sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Bacillus subtilis.*, *Bacillus subtilis.*, *Bacillus licheniformis.*, dan *Lactobacillus plantarum* mampu mengeluarkan enzim hidrolase sehingga mengubah biopolimer menjadi senyawa yang lebih sederhana. Senyawa yang dihasilkan dari proses ini akan dimanfaatkan mikroorganisme sebagai sumber energi untuk melakukan aktifitas fermentasi (Wahyuni, 2013).



b. Tahap asidifikasi (pengasaman)

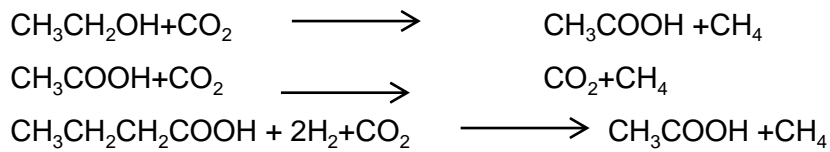
Senyawa-senyawa yang terbentuk akan dijadikan sumber energi bagi mikroorganismme untuk tahap selanjutnya, yaitu asidifikasi. Pada tahap asidifikasi, bakteri merubah polimer sederhana hasil hidrolisis menjadi asam organik seperti asam asetat, asam propionat, asam butirat, dan asam laktat serta menghasilkan produk sampingan berupa hidrogen (H₂), alkohol, zat amonia dan karbon dioksida (CO₂) (wahyuni, 2013). Untuk merubah menjadi asam asetat, bakteri membutuhkan oksigen dan karbon yang diperoleh dari oksigen terlarut yang terdapat dalam larutan. Asam asetat sangat penting dalam proses selanjutnya, digunakan oleh mikroorganisme untuk pembentukan metan (Wahyuni, 2011).



c. Tahap metanogenesis

Metanogenesis adalah proses pembentukan gas metan dengan bantuan bakteri pembentuk mentan seperti *Mathanobacterium*, *Mathanobacillus*, *Methanosacaria*, dan *Methanococcus*. Pada tahap ini mengubah asam-asam lemak rantai pendek menjadi H₂, reduksi CO₂, kemudian bersama-sama dengan H₂ dan CO₂ menghasilkan produk akhir, yaitu metan (CH₄) dan karbondioksida (CO₂). Jumlah energi yang dihasilkan dalam pembentukan biogas sangat bergantung pada konsentrasi gas metana yang dihasilkan dalam proses metanogenesis. Semakin tinggi kandungan metana yang dihasilkan, maka semakin besar pula energi yang terbentuk. Sebaliknya, apabila konsentrasi gas metana yang dihasilkan rendah, maka energi yang dihasilkan juga semakin rendah. Kualitas biogas yang dihasilkan juga dapat ditingkatkan melalui penghilangan hidrogensulfur, kandungan air dan karbondioksida yang turut terbentuk (Wahyuni, 2013).





Biogas dapat mencapai hasil maksimum jika bakteri-bakteri yang terlibat dalam proses tersebut berada pada kondisi lingkungan yang nyaman yaitu saat bakteri memproduksi gas metan tanpa Oksigen (anaerobik) dalam pertumbuhannya sehingga biodigester harus dalam keadaan abiotis (tanpa kontak langsung dengan Oksigen). Untuk perbandingan air dan bahan baku 1:1 hal ini disebabkan untuk menghasilkan biogasbakteri memerlukan oksigen dan karbon yang diperoleh dari oksigen yang terlarut dalam larutan untuk terjadinya metabolisme yang merata.

A.4 Faktor-Faktor Mempengaruhi Laju Pembentukan Biogas

Tahapan pada proses pembentukan biogas memiliki beberapa parameter bahan dan faktor yang harus diperhatikan dengan baik agar pembentukan biogas optimal, antara lain:

a. Kondisi anaerob

Biogas dihasilkan dari kondisi kedap udara oleh mikroorganisme anaerob. Oleh sebab itu instalasi/reaktor pengolah biogas harus kedap udara. Selain itu udara(oksigen) yang memasuki biodigester menyebabkan penurunan produksi metana, karena bakteri berkembang pada kondisi yang tidak sepenuhnya anaerob (Mayasari dkk, 2010).

b. Temperatur (suhu)

Suhu temperatur yang baik untuk perkembangbiakan bakteri metanogen adalah antar 20-30 °C. Temperatur lingkungan di Indonesia antara 20–30 °C sehingga tidak membutuhkan rekayasa, seperti dinegara beriklim dingin (Wahyuni, 2011). Berdasarkan temperatur yang biasa pada pengoperasian reaktor, maka bakteri yang terdapat didalam reaktor dapat dibedakan atas 3 golongan yaitu thermophilic (40-50°C), mesophilic (20-40°C) dan psicrophilic(4-20°C). Untuk negara tropis seperti indonesia,digunakan digester tanpa pemanasan untuk kondisi temperatur 20-30°C (Ihsan dkk, 2018).

c. Substrat bahan organik (COD)

Bahan baku yang dapat dijadikan substrat dalam pembuatan biogas

adalah serpihan dapur, sisa makanan, rumput, dan potongan makanan (Haryanto, 2014). Jenis bahan organik yang dijadikan bahan baku merupakan faktor yang sangat penting. Hal ini berpengaruh pada lamanya waktu dekomposisi bahan sehingga menghasilkan gas metana yang dihasilkan. Limbah yang diolah menggunakan digester anaerobik bisa fraksi organik (*biodegradable*), fraksi yang dapat dibakar dan fraksi inert.

d. Derajat keasaman (pH)

Tingginya derajat keasaman terkait dengan kinerja dari mikroorganisme dalam membantu proses fermentasi. Selain itu bakteri asidogen dan metanogen memerlukan lingkungan dengan derajat keasaman optimum yang sedikit berbeda untuk berkembangbiak. pH yang rendah dapat menghambat pertumbuhan bakteri asidogenesis, sedangkan pH di bawah 6,4 dapat meracuni bakteri metanogenesis. Rentang pH yang sesuai bagi perkembangbiakan bakteri metanogenesis adalah 6,8-8. Derajat keasaman harus selalu dijaga dalam wilayah perkembangbiakan optimum bagi bakteri agar produksi biogas stabil. Untuk nilai pH stabil produksi metan bekisar 7,2-8,2.

e. Rasio C/N

Pemilihan bahan biogas dapat ditentukan dari perbandingan kadar C (karbon) dan N (nitrogen) dalam bahan tersebut. Perbandingan antara unsur Karbon dengan unsur Nitrogen yang secara umum dikenal dengan Rasio C/N terlalu tinggi atau terlalu rendah akan mempengaruhi terbentuknya biogas, karena itu merupakan proses biologis yang memerlukan persyaratan hidup tertentu. Untuk proses penguraian anaerob rentang optimum rasio C/N antara 25-30. Jika rasio C/N terlalu tinggi maka nitrogen akan dikonsumsi dengan cepat oleh bakteri-bakteri metanogen untuk memenuhi kebutuhan protein dan tidak akan lagi bereaksi dengan sisa karbonnya, hasilnya produksi gas akan rendah. Di lain sisi, jika rasio C/N sangat rendah, nitrogen akan dibebaskan dan terkumpul dalam bentuk NH_4OH (Eswanto, 2018). Bahan yang memiliki kadar C/N yang tinggi seperti bahan hijauan, sebelumnya lebih baik dicacah atau dipotong terlebih dahulu agar bakteri metanogenik lebih mudah melakukan dekomposisi dan tidak lagi menimbulkan bau busuk terlebih dahulu (Wahyuni, 2013).

Tabel 2.2. Rasio C/N beberapa limbah kotoran/feses

No.	Jenis Kotoran	Rasio C/N
1	Manusia	6-10
2	Ayam	18-25
3	Kambing/domba	30-25
4	Kuda	25
5	Sapi/kerbau	25-30
6	Babi	25

Sumber : Yusnaini (1996)

f. Kandungan Total Solid (TS)

Berdasarkan laju pengumpanan (pembebanan), sistem digester anaerobik dibedakan atas sistem dengan padatan rendah (*low solid*) dengan kandungan TS kurang dari 10%, sistem sedang (*medium solid*) dengan TS 10-15%, dan sistem padat tinggi (*high solid*) dengan TS 22%-40% peningkatan TS didalam reaktor berarti penurunan volume digester karena kebutuhan air yang lebih rendah. Semakin banyak TS yang terkandung akan semakin memudahkan penurunan pH. Bakteri untuk produksi biogas yang optimal menghendaki TS sebesar 4-9% pada fermentasi basah (Budiyono, 2013). Untuk proses fermentasi kering TS dapat lebih besar dai 15% (Wahyuni, 2013).

g. Pengadukan

Pengadukan bertujuan untuk menghomogenkan bahan baku pembuatan biogas, seperti kotoran ternak, limbah pertanian, dan bahan-bahan lainnya. Karena pada saat pencampuran dilakukan bahan-bahan tersebut akan tercampur secara merata dengan baik. Pengadukan dapat dilakukan sebelum dimasukkan kedalam digester atau ketika bahan sudah berada didalam digester (Wahyuni, 2013).

h. Waktu tinggal

Merupakan waktu yang diperlukan untuk mendapat proses degradasi bahan organik terhitung saat pemasukan bahan organik samapai terbentuknya biogas (Wahyuni, 2013). Lamanya waktu fermentasi tergantung dari jenis bahan organik dan perlakuan terhadap bahan rganik tersebut sebelum proses fermentasi. Pada umumnya sekitar 15-30 hari waktu tinggal yang dibutuhkan pada reaktor mesofilik (20-40 °C). Penambahan wktu fermentasi dai 10 hari hiingga 30 hari akan meningkatkan

produksi biogas sebesar 50%.

i. Ukuran partikel substrat

Ukuran partikel substrat yang besar akan menghasilkan penggumpalan didalam digester sehingga mempersulit bakteri untuk melaksanakan fungsi degradasi. Bahan yang lebih kecil lebih cepat didekomposisi dari pada bahan yang memiliki ukuran bahan yang lebih besar.

A.5 Keunggulan Biogas

Pemilihan biogas sebagai sumber energi alternatif didasari pada keunggulan yang dimilikinya, yaitu:

- a. Mengurangi permasalahan penanggulangan limbah menjadi sesuatu yang bermanfaat.
- b. Sifatnya yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui merupakan keunggulan dari biogas dibandingkan dengan bahan bakar fosil.
- c. Menghasilkan gas yang dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari.
- d. Limbah digester dari biogas dapat kita manfaatkan sebagai pupuk organik, baik berupa cair maupun padat bagi pertanian yang sangat baik.
- e. Dapat mengurangi kadar bakteri patogen yang terdapat dalam kotoran sehingga dapat menyebabkan penyakit bila kotoran tersebut ditimbun atau dibuang begitu saja.
- f. Mengurangi biaya dalam membeli gas LPG, solar, minyak lampu, penggunaan kayu bakar dan bahan bakar lainnya didalam rumah tangga dan dapat menghasilkan listrik.
- g. Dapat mengurangi emisi gas rumah kaca, karena kurangnya pemakaian bahan bakar fosil .
- h. Biogas dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan, namun perlu proses untuk menghilangkan kandungan hidrogen sulfida, karbon dioksida dan air. Hal tersebut sudah dilakukan di beberapa negara maju.
- i. Dengan lestari hutan akibat masyarakat tidak menggunakan kayu bakar , maka CO₂ yang ada diudara akan diserap oleh hutan yang menghasilkan oksigen sehingga melawan efek rumah kaca.

A.6 Reaktor Biogas

Dalam pemilihan jenis reaktor biogas dapat dibedakan dari segi aliran bahan baku dan segi konstruksi. Menurut Mayasari (2010), pemilihan jenis reaktor biogas dari segi aliran juga dapat dibedakan lagi menjadi 2 tipe yaitu:

a. *Tipe Batch Digestion*

Pada tipe reaktor *batch*, bahan baku reaktor ditempatkan di dalam wadah (ruang tertentu) dari awal hingga selesainya proses digesti. Umumnya digunakan pada tahap eksperimen untuk mengetahui potensi gas dari limbah organik.

b. *Tipe Continuous Digestion*

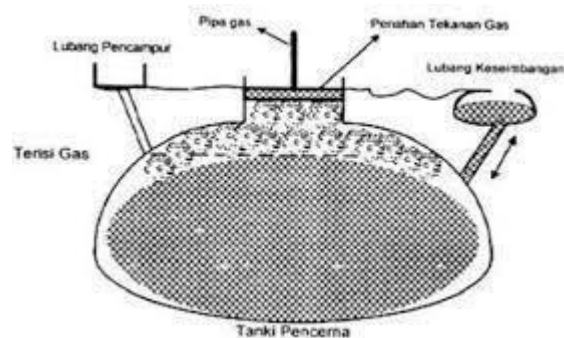
Untuk tipe ini, aliran bahan baku masuk dan residu keluar pada selang waktu tertentu. Lama bahan baku selama dalam reaktor disebut waktu retensi hidrolis (*Hydraulic Retention Time / HRT*) Pemilihan jenis reaktor disesuaikan dengan kebutuhan dan kemampuan pembiayaan.

Dari segi konstruksi, reaktor biogas yang dibedakan menjadi :

a. Reaktor Kubah Tetap (*Fixed-Dome*)

Reaktor ini disebut juga reaktor china. Dinamakan demikian karena reaktor ini dibuat pertama kali di china sekitar tahun 1930-an, kemudian sejak saat itu reaktor ini berkembang dengan berbagai model. Pada reaktor ini memiliki dua bagian yaitu digester sebagai tempat pencernaan material biogas dan sebagai rumah bagi bakteri, baik bakteri pembentuk asam ataupun bakteri pembentuk gas metana. bagian ini dapat dibuat dengan kedalaman tertentu menggunakan batu, batu bata atau beton. Strukturnya harus kuat karena menahan gas agar tidak terjadi kebocoran. Bagian yang kedua adalah kubah tetap (*fixed-dome*) Dinamakan kubah tetap karena bentuknya menyerupai kubah dan bagian ini merupakan pengumpul gas yang tidak bergerak (*fixed*). Gas yang dihasilkan dari material organik pada digester akan mengalir dan disimpan di bagian kubah.

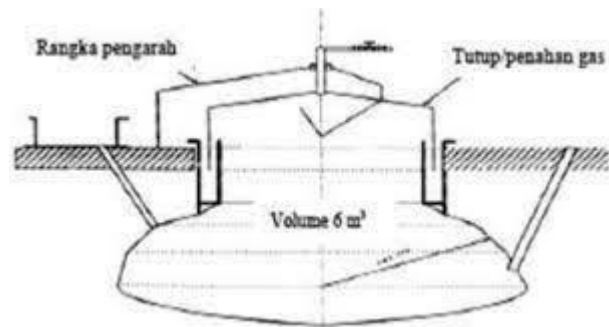
Keuntungan dari reaktor ini adalah biaya konstruksi lebih murah daripada menggunakan reaktor terapung, karena tidak memiliki bagian yang bergerak menggunakan besi yang tentunya harganya relatif lebih mahal dan perawatannya lebih mudah. Sedangkan kerugian dari reaktor ini adalah seringnya terjadi kehilangan gas pada bagian kubah karena konstruksi tetap.



Gambar 2.1 Reaktor Kubah Tetap (Fixed Dome) (Mayasari, 2010)

b. Reaktor *Floating Drum*

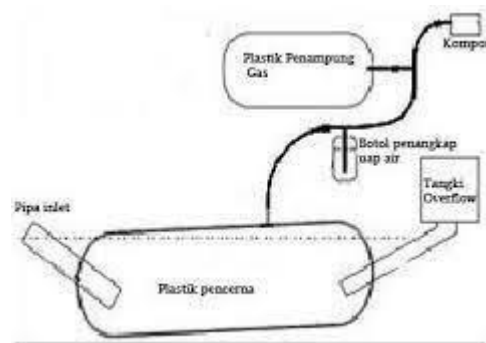
Reaktor jenis terapung pertama kali dikembangkan di India pada tahun 1937 sehingga dinamakan dengan reaktor India. Memiliki bagian digester yang sama dengan reaktor kubah, perbedaannya terletak pada bagian penampung gas menggunakan peralatan bergerak menggunakan drum. Drum ini dapat bergerak naik turun yang berfungsi untuk menyimpan gas hasil fermentasi dalam digester. Pergerakan drum mengapung pada cairan dan tergantung dari jumlah gas yang dihasilkan. Keuntungan dari reaktor ini adalah mudah dioperasikan serta dapat melihat secara langsung volume gas yang tersimpan pada drum karena pergerakannya. Karena tempat penyimpanan yang terapung sehingga tekanan gas konstan. Sedangkan kerugiannya adalah biaya material konstruksi dari drum lebih mahal dan membutuhkan perawatan intensive. faktor korosi pada drum juga menjadi masalah sehingga bagian pengumpul gas pada reaktor ini memiliki umur yang lebih pendek dibandingkan menggunakan tipe kubah tetap.



Gambar 2.2 Reaktor Terapung (Floating Drum) (Mayasari, 2010)

c. Reaktor Balon (Ballon Reactor)

Reaktor balon merupakan jenis reaktor yang banyak digunakan pada skala rumah tangga yang menggunakan bahan plastik sehingga lebih efisien dalam penanganan dan perubahan tempat biogas. Reaktor ini terdiri dari bagian yang berfungsi sebagai digester dan bagian penyimpan gas yang berhubungan tanpa sekat. Material organik terletak di bagian bawah karena memiliki berat yang lebih besar dibandingkan gas yang akan mengisi pada rongga atas. Keuntungannya adalah standar prefabrikasi dengan biaya rendah, cocok digunakan di daerah dataran tinggi dan iklim yang hangat, suhu digester tinggi pada musim panas, serta substrat yang sulit diuraikan seperti eceng gondok dapat digunakan. Sedangkan kekurangannya adalah jika tekanan gas rendah maka dibutuhkan pompa, *sludge* tidak dapat dikurangi selama proses berlangsung, balon plastik memiliki waktu penggunaan yang cukup pendek dan rentan terhadap kerusakan mekanis. Selain itu, pengrajin lokal jarang ada yang bisa memperbaiki kerusakan dari digester balon.



Gambar 2.3 Reaktor Balon (Ballon Reactor) (Mayasari, 2010)

A.7 Kotoran Sapi

Kotoran sapi adalah limbah hasil pencernaan sapi dan hewan dari subfamili Bovinae lainnya (kerbau, yak, bison). Sementara perkembangan atau pertumbuhan industri peternakan menimbulkan masalah bagi lingkungan, karena menumpuknya limbah peternakan. Polutan yang disebabkan oleh dekomposisi kotoran ternak yaitu BOD dan COD (*Biological Chemical Oxygen Demand*), bakteri patogen, polusi air, (terkontaminasinya air bawah tanah, air permukaan), debu dan polusi bau. Jika dilihat dari pengolahan limbah, proses anaerob juga memberikan keuntungan yaitu menurunkan nilai BOD dan COD, total solid, volatile solid, nitrogen nitrat dan nitrogen organik. Bakteri *coliform* dan patogen lainnya, telur insek, parasit, bau juga dihilangkan. Pada feses sapi mengandung hemisellulosa sebesar 18,6%, sellulosa 25,2%, lignin 20,2%, nitrogen 1,67%, fosfat 1,11% dan kalium sebesar 0,56%, sedangkan feses kuda mengandung hemisellulosa sebesar 23,5%, sellulosa 27,5%, lignin 14,2%, nitrogen 2,29%, fosfat 1,25% dan kalium sebesar 1,38%. Produksi gas metan sangat tergantung oleh rasio C/N dari substrat, feses sapi mempunyai C/N ratio sebesar 16,6-25%, sedangkan feses kuda mempunyai C/N ratio sebesar 25% (Afrian et al.,2017)

Menurut Hartono (2009), rentang rasio C/N antara 25-30 merupakan rentang optimum untuk proses penguraian anaerob. Jika rasio C/N terlalu tinggi, maka nitrogen akan dikonsumsi sangat cepat oleh bakteri-bakteri metanogen untuk memenuhi kebutuhan protein dan tidak akan lagi bereaksi dengan sisa karbonnya. Sebagai hasilnya produksi gas akan rendah. Di lain pihak, jika rasio C/N sangat rendah, nitrogen akan dibebaskan dan terkumpul dalam bentuk NH_4OH . Berdasarkan tinjauan di atas, kotoran sapi dan kuda menjadi suatu masalah dalam pencemaran lingkungan di peternakan, sedangkan serasah daun jati lama-kelamaan dapat menimbulkan kebakaran hutan, dibutuhkan pengolahan secara biologis. Dengan demikian, potensi kandungan bahan organik dalam kotoran ternak dapat dimanfaatkan dalam pembuatan biogas.

A.8 Eceng Gondok

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan jenis gulma yang pertumbuhannya sangat cepat. Eceng gondok tumbuh dikolam-kolam dangkal, tanah basah dan rawa, aliran air yang lambat, tempat-tempat penampungan air. Pertumbuhan eceng gondok dapat mencapai 1,9% per hari dengan tinggi antara

0,3-0,5 m. Pertumbuhannya yang begitu pesat, dirasakan sangat merugikan karena sifat eceng gondok yang menutupi permukaan air akan menyebabkan kandungan oksigen berkurang. Tumbuhan eceng gondok akan berpengaruh terhadap kadar CO₂ yang terdapat pada air. Peningkatan CO₂ pada air akan mengawali rata-rata bersih fotosintesis. Walaupun eceng gondok dianggap sebagai gulma perairan, tetapi sebenarnya eceng gondok dapat berperan dalam menangkap polutan logam berat. Rangkaian penelitian seputar kemampuan eceng gondok dalam waktu 24 jam, mampu menyerap logam Kadmium (Cd) sebesar 1,35 mg/gr, Mercurri (Hg) 1,77 mg/gr dan, Nikel (Ni) sebesar 1,16 mg/gr bila logam itu tak bercampur. Logam Chrom (Cr) dapat diserap pada pH 7 oleh eceng gondok secara maksimal. Selain itu eceng gondok sendiri mengandung Asam Sianida, Triterpenoid, kaya kalsium dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biogas (Renilaili,2015).

Tabel 2.3 Komposisi Gas yang Berasal dari Eceng Gondok (Panggih, 2012).

No	Gas	Presentase (%)
1	CH ₄	54,2
2	CO ₂	27,1
3	N ₂	0,5
4	O ₂	0,16
5	CO	0,1

Menurut Malik (2006), eceng gondok mengandung 95% air dan menjadikannya terdiri dari jaringan yang berongga, mempunyai energi yang tinggi, terdiri dari bahan yang dapat difermentasikan dan berpotensi sangat besar dalam menghasilkan biogas. Selain itu, eceng gondok dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biogas karena mempunyai kandungan hemiselulosa yang cukup besar dibandingkan komponen organik tunggal lainnya. Hemiselulosa adalah polisakarida kompleks yang merupakan campuran polimer yang jika dihidrolisis menghasilkan dua senyawa campuran sederhana berupa gas metana dan karbon dioksida (CO₂) yang biasa disebut biogas (Razak & Medan,2019)

B. Penelitian Terdahulu

Pada penelitian oleh Astuti (2013), dengan judul produksi biogas dari eceng gondok (*Eicchornia crassipes*) dan limbah ternak sapi di Rawapening menggunakan reaktor batch menghasilkan volume biogas yang masih rendah. Pada penelitian ini menggunakan variasi jumlah eceng gondok dengan kotoran sapi perbandingan 40 : 60 tanpa perlakuan pretreatment pada bahan baku. Berdasarkan hasil penelitian tersebut volume yang terbentuk paling optimal adalah pada hari ke-20 yaitu 125,7 ml.

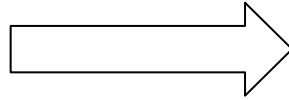
Pada penelitian lain oleh Yonathan (2013), dengan judul produksi biogas dari eceng gondok (*Eicchornia crassipes*): kajian konsistensi dan pH terhadap biogas dihasilkan dengan menggunakan reaktor batch. Pada penelitian ini dilakukan pretreatment hidrolisis asam pada substrat eceng gondok dengan variabel komposisi pengenceran eceng gondok dengan air yaitu 2:1; 2:1,5 ; 2:2 dan 2:2,5. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan hasil volume biogas berturut-turut 20 ml, 50 ml, 470 ml dan 1180 ml. Sehingga dapat disimpulkan bahwa produksi biogas tertinggi didapatkan pada variabel komposisi 2:2,5 yaitu 1180 ml.

Sedangkan pada penelitian lanjutan oleh Wibowo (2017), dengan judul produksi biogas dari eceng gondok (*Eicchornia crassipes*) dengan menggunakan bioreaktor *Plugflow* menghasilkan volume biogas yang lebih tinggi daripada beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Pada penelitian ini komposisi perbandingan rumen sapi dan eceng gondok adalah 1:1 serta komposisi pengenceran eceng gondok menggunakan air adalah 1:1 tanpa perlakuan pretreatment pada bahan baku eceng gondok. Dari hasil penelitian dengan menggunakan bioreaktor skala *continue* ini, volume biogas paling optimum yang dicapai adalah pada hari ke-14 sebesar 1230 ml.

C. Kerangka Konsep

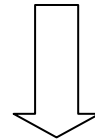
Variabel Bebas

- Bahan campuran air : eceng gondok : kotoran sapi yaitu (X_1) = 1:1:1
- Bahan campuran air : eceng gondok : kotoran sapi yaitu (X_2) = 1:2:1
- Bahan campuran air : eceng gondok : kotoran sapi yaitu (X_3) = 1:1:2



Variabel Terikat

- Volume biogas
- Nyala api
- pH
- Suhu



Nyala api dari biogas

D. Definisi Operasional

Tabel 2.4 Definisi Operasional

No.	Variabel	Defenisi Operasional	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala
1	Tumbuhan Eceng Gondok	Tanaman yang tumbuh liar diperairan dan tidak digunakan	Timbangan	Kg	Ratio
2	Kotoran Sapi	Limbah berasal dari peternakan sapi	Timbangan	Kg	Ratio
4	Waktu Permentasi	Waktu yang dibutuhkan dalam proses menghasilkan biogas	Instrumen	Hari	Ratio
5.	Uji Nyala Api	Melihat apakah gas yang dihasilkan dapat menyalakan api	Stopwach	Detik	Ratio
6.	Suhu	Mengukur suhu di dalam biodigester setiap hari selama fermentasi	Termometer	C ⁰	Interval
7.	Ph	Derajat keasaman yang digunakan sebagai pencampur aktivator	pH meter	pH	Interval
8.	Volume Biogas	Banyaknya biogas yang dihasilkan pada setiap variasi campuran per hari dalam satuan cm	Meteran	cm ³	Ratio

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis dan Desain Penelitian

A.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian quasi eksperimental (semu). Penelitian dilakukan untuk melihat volume gas yang dihasilkan tiga variasi campuran kotoran sapi dan eceng gondok.

Penelitian ini melakukan pengulangan sebanyak 2 kali dengan system batch terhadap 3 variasi campuran.

A.2 Desain Penelitian

Desain penelitian yang dilakukan seperti di bawah ini:

Tabel 3.1 Desain Penelitian

Variasi	Perbandingan			Hasil
	Air	Eceng gondok	Kotoran sapi	
X ₁	1	1	1	Q ₁
X ₂	1	2	1	Q ₂
X ₃	1	1	2	Q ₃

Keterangan:

a. Perbandingan variasi

X₁ = 1:1:1 → 5 liter air : 5 kg eceng gondok : 5 kg kotoran sapi

X₂ = 1:2:1 → 5 liter air : 10 kg eceng gondok : 5 kg kotoran sapi

X₃ = 1:1:2 → 5 liter air : 5 kg eceng gondok : 10 kg kotoran sapi

Kebutuhan dalam satu unit reaktor adalah 15 liter.

b. Hasil

O₁: Produksi biogas (volume) yang dihasilkan dari reaktor X₁

O₂: Produksi biogas (volume) yang dihasilkan dari reaktor X₂

O₃: Produksi biogas (volume) yang dihasilkan dari reaktor X₃

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

B.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini saya lakukan di rumah tepatnya di Desa Aek Kuasan lingkungan VI, Kel. Aek Loba Pekan, Kec. Aek Kuasan, Kab.Asahan.

B.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian ini dilakukan pada bulan 07 Juli – 30 Juli 2022.

C. Objek Penelitian

- a. Kotoran Sapi
- b. Tanaman Eceng Gondok

D. Alur Penelitian



E. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

E.1 Pembuatan Reaktor Biogas

1. Alat dan Bahan

Tabel 3.2 Alat Dan Bahan Reaktor

Alat	Bahan
Tong air ukuran 25 liter sebanyak 6 buah beserta tutup	Selang Plastik sebanyak 18 meter
Bor elektrik	Lem setan
Pisau	TBA lem isolasi
Drat kran 12	Ban dalam 6 buah
Klem kran 36 buah	Abu piring
Meteran	
Sambungan "Y" 6 buah	
Ember pengaduk	
Kran air kompresor tembaga kecil 12 buah	

2. Pembuatan Reaktor

- a. Tutup tong air dilubangi menggunakan bor elektrik seukuran selang. Setelah itu, lubang dirapikan dengan pisau.
- b. Kran kompresor dimasukkan ke dalam lubang pada tutup tong air, lalu lem selang menggunakan TBA lem isolasi dan ditambah dengan drat dalam. Agar rekat dengan sempurna, antara drat dalam dengan kran kompresor diberi lem setan dan ditambahkan dengan abu piring.
- c. Selang diberi klem dimasukkan kedalam lubang kran kompresor, klem direkatkan.
- d. Selang diberi sambungan "Y", masing-masing sambungan menuju 3 aliran.
 - 1) Aliran pertama dialirkan ke wadah fermentasi bahan.
 - 2) Aliran kedua di alirkan ke ban dalam yang berfungsi sebagai penyimpanan gas.
 - 3) Aliran ketiga dialirkan ke kran uji nyala api.

- e. Pastikan pada setiap sambungan tidak ada cela untuk udara masuk, pastikan keadaan reaktor tertutup rapat dengan sempurna.

E.2 Persiapan Bahan Isian Reaktor

- a. Alat dan bahan

Tabel 3.3 Alat Dan Bahan Isian Reaktor

Alat	Bahan
Pisau	Air
Lumpang kayu + tumbukan alu	Eceng gondok
Timbangan	Kotoran sapi
Ember pengaduk	
Batang pengaduk	

- b. Persiapan Bahan

1. Eceng gondok

- a) Eceng gondok disiapkan dan dibersihkan. Bagian yang digunakan adalah bagian batang
- b) Eceng gondok dipotong menggunakan pisau, kemudian dihaluskan menggunakan lumpang kayu + tumbukan alu.
- c) Eceng gondok ditimbang sesuai kebutuhan, yaitu :
 - 1) Eceng gondok = 5 kg (X_1)
 - 2) Eceng gondok = 10 kg (X_2)
 - 3) Eceng gondok = 5 kg (X_3)

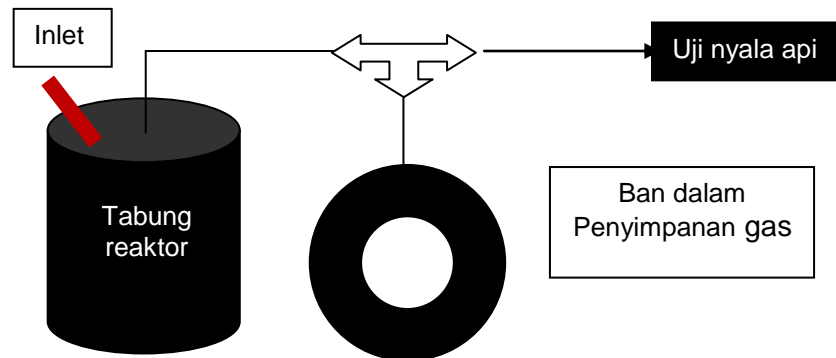
2. Kotoran sapi

- a) Kotoran sapi diambil segera dari peternakan sapi, diperlukan kotoran sapi yang masih segar dan hangat.
- b) Kotoran sapi dimasukkan kedalam wadah sementara untuk ditimbang.
- c) Kotoran sapi yang dibutuhkan yaitu :
 - 1) Kotoran sapi = 5 kg (X_1)
 - 2) Kotoran sapi = 5 kg (X_2)
 - 3) Kotoran sapi = 10 kg (X_3)

c. Pembuatan Bahan Isian Reaktor

1. Reaktor X_1

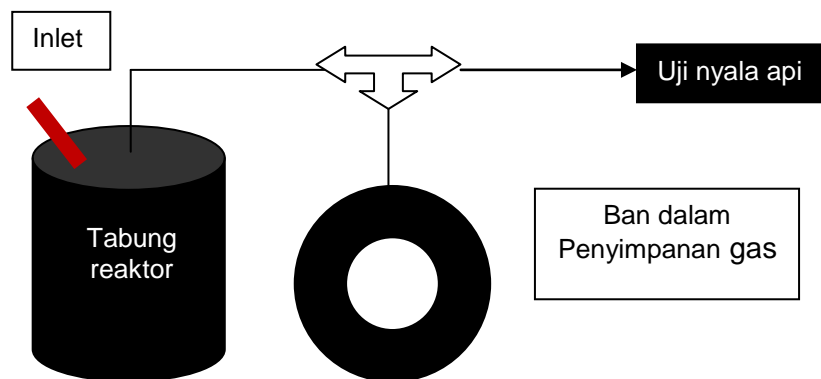
Variasi X_1 (Air + Eceng gondok + Kotoran sapi Perbandingan 1:1:1) sebanyak 2 buah.



Campurkan Kotoran Sapi 5 kg dan eceng gondok 5 kg yang telah dihaluskan dari volume bahan baku sebagai bahan fermentasi biogas dengan 5 liter air lalu diaduk.

2. Reaktor X_2

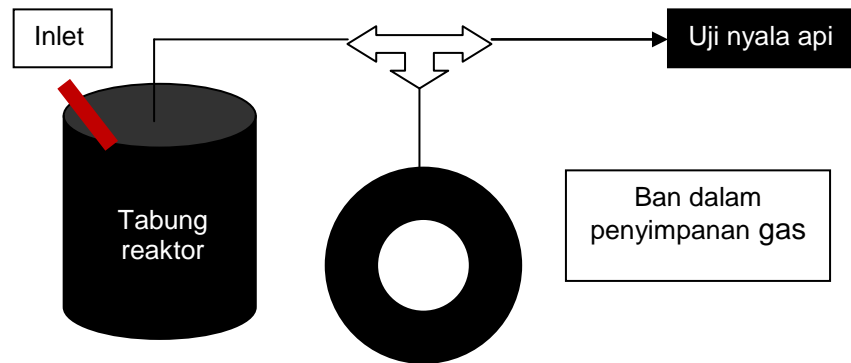
Variasi X_2 (Air + Eceng gondok + Kotoran sapi Perbandingan 1:2:1) sebanyak 2 buah.



Campurkan Kotoran Sapi 5 kg dan eceng gondok 10 kg yang telah dihaluskan dari volume bahan baku sebagai bahan fermentasi biogas dengan 5 liter air lalu diaduk. Hasil campuran diperoleh sebanyak 20 kg, volume yang digunakan dalam reaktor adalah 15 L.

3. Reaktor X_3

Variasi X_3 (Air + Eceng gondok + Kotoran sapi Perbandingan 1:1:2) sebanyak 2 buah.



Gambar 3.1 Contoh Reaktor

Campurkan Kotoran Sapi 10 kg dan eceng gondok 5 kg yang telah dihaluskan dari volume bahan baku sebagai bahan fermentasi biogas dengan 5 liter air lalu diaduk. Hasil campuran diperoleh sebanyak 20 kg, volume yang digunakan dalam reaktor adalah 15 L.

E.3 Pelaksanaan Penelitian

- pH terhadap variasi X_1 , X_2 dan X_3 diukur, Pengukuran pH dilakukan pada awal dan akhir penelitian.
- Pengukuran suhu dilakukan pada awal dan akhir penelitian. Thermometer dicelupkan kedalam bahan fermentasi.
- Hasil pengukuran pH dan suhu dicatat.
- Variasi X_1 , X_2 dan X_3 dimasukkan ke dalam masing-masing reaktor (X_1 , X_2 dan X_3).
- Reaktor X_1 , X_2 dan X_3 ditutup, pastikan reaktor tertutup dengan rapat agar tidak terjadi kebocoran.
- Volume gas dilihat dari perubahan diameter ban yang diukur setiap hari selama 20 hari pengamatan.
- Hasil pengukuran volume gas dicatat
- Uji nyala api dilakukan pada hari ke 20 setelah gas diproduksi, foto nyala api sebagai dokumentasi.

E. Jenis Data

Jenis data dalam penelitian ini adalah data primer, yaitu data yang diperoleh secara langsung dari hasil pengamatan eksperimen pengaruh variasi campuran kotoran sapi dan eceng gondok terhadap produksi biogas.

G. Pengolahan Data dan Analisa Data

G.1 Pengolahan Data

Data yang diperoleh dari hasil penelitian diolah secara manual menggunakan aplikasi komputer. Data yang dimasukkan dalam program komputer yaitu data volume gas pada pengukuran hari ke 4, 8, 12, 16 dan 20. Kemudian data disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan narasi.

G.2 Analisa Data

Analisis data pada penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan volume gas yang dihasilkan pada tiga variasi campuran kotoran sapi dan eceng gondok. Ban merupakan indikator pengukuran untuk mengetahui perbandingan volume gas, peneliti menggunakan rumus volume ban sebagai berikut:

$$V \text{ total} = \pi r^2 t$$

$$V \text{ ban} = V \text{ total} - V \text{ tabung tengah}$$

$$V \text{ ban} = V \text{ total} - \pi r^2 t$$

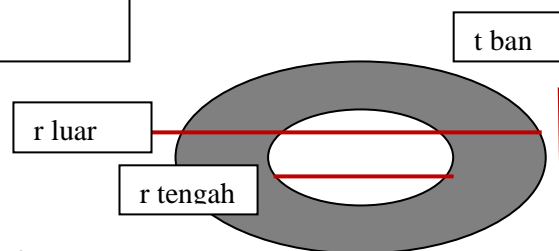
Keterangan :

π = Konstanta $\frac{22}{7}$ atau 3,14

r = Jari-jari luar terhadap diameter ban

t = Tinggi ban

r = Jari-jari tengah terhadap diameter ban



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Penelitian ini memanfaatkan limbah kotoran sapi dan tanaman eceng gondok (*echornia crassipes*) menjadi bahan baku biogas, penelitian dilakukan selama 20 hari dengan 2 kali pengulangan. Limbah kotoran sapi yang digunakan sebagai bahan baku biogas berasal dari peternakan sapi milik masyarakat setempat. Sedangkan, tanaman eceng gondok (*echornia crassipes*) yang digunakan sebagai bahan campuran biogas berasal dari perairan terdekat. Keberadaan limbah kotoran sapi yang banyak tersedia dan tanaman eceng gondok (*echornia crassipes*) yang tumbuh liar di perairan belum dimanfaatkan dengan baik maka peneliti memanfaatkan keduanya sebagai bahan baku biogas.

Pengamatan yang dilakukan peneliti dengan cara melihat pertambahan diameter lalu menghitung volume ban dalam yang digunakan sebagai indikator pengukuran. Diketahui diameter luar ban 52 cm, diameter tengah ban 26 cm, dan tinggi ban 1 cm, maka volume awal ban adalah $0,992 \text{ cm}^3$. Pengukuran diameter dan tinggi ban dalam menggunakan meteran kain yang dilakukan pada hari ke 4, 8, 12, 16 dan 20.

Penelitian dilakukan dalam tiga variasi. Variasi X_1 yaitu (1:1:1) dalam 5 liter air, 5 kg eceng gondok dan 5 kg kotoran sapi, variasi X_2 yaitu (1:2:1) dalam 5 liter air, 10 kg eceng gondok dan 5 kg kotoran sapi, dan variasi X_3 yaitu (1:1:2) dalam 5 liter air, 5 kg eceng gondok dan 10 kg kotoran sapi.

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan peneliti selama 20 hari maka didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.1 Pengamatan Gas Yang Dilakukan Pada Reaktor Berdasarkan Variasi Campuran

Peng Ulangan	Variasi	Suhu		Volume Gas Hari Ke (cm ³)				
		Awal	Akhir	04	08	12	16	20
1	X ₁ (1:1:1)	27 °C	30 °C	5,39	5,776	6,24	8,527	11,682
	X ₂ (1:2:1)	26 °C	29 °C	3,858	4,919	6,468	7,524	7,854
	X ₃ (1:1:2)	27 °C	32 °C	5,676	6,732	8,045	8,47	9,022
2	X ₁ (1:1:1)	27 °C	30 °C	5,497	5,887	6,957	8,527	11,812
	X ₂ (1:2:1)	26 °C	29 °C	4,721	5,014	6,468	7,762	7,993
	X ₃ (1:1:2)	27 °C	32 °C	5,771	6,851	8,197	8,47	9,187

Dari tabel di atas dapat dilihat perlakuan pertama yang dilakukan pada tanggal 07 juli – 30 juli 2022 dengan reaktor pertama variasi X₁ (1:1:1) dalam 5 liter air, 5 kg eceng gondok dan 5 kg kotoran sapi diketahui suhu awal adalah 27 °C dan suhu akhir 30 °C dengan pH awal 7,5 dan pH akhir 8 memproduksi gas sebesar 5,39 cm³ pada hari ke-4 pengamatan, pada hari ke-8 volume gas meningkat yaitu 5,776 cm³, pada hari ke-12 volume gas meningkat yaitu 6,24 cm³, pada hari ke-16 volume gas terus meningkat yaitu 8,527 cm³, pada hari terakhir pengamatan yaitu hari ke-20 volume gas terus meningkat menjadi 11,682 cm³. Reaktor kedua variasi X₂ (1:2:1) dalam 5 liter air, 10 kg eceng gondok dan 5 kg kotoran sapi diketahui suhu awal adalah 26 °C dan suhu akhir 39 °C dengan pH awal 7,5 dan pH akhir 8 memproduksi gas sebesar 3,858 cm³ pada hari ke-4 pengamatan, pada hari ke-8 volume gas meningkat yaitu 4,919 cm³, pada hari ke-12 volume gas meningkat yaitu 6,468 cm³, pada hari ke-16 volume gas terus meningkat yaitu 7,524 cm³, pada hari terakhir pengamatan yaitu hari ke-20 volume gas terus meningkat menjadi 7,854 cm³. Reaktor ketiga variasi X₃ (1:1:2) dalam 5 liter air, 5 kg eceng gondok dan 10 kg kotoran sapi

diketahui suhu awal adalah 27 °C dan suhu akhir 32 °C dengan pH awal 7,5 dan pH akhir 8 memproduksi gas sebesar 5,676 cm³ pada hari ke-4 pengamatan, pada hari ke-8 volume gas meningkat yaitu 6,732 cm³, pada hari ke-12 volume gas meningkat yaitu 8,045 cm³, pada hari ke-16 volume gas terus meningkat yaitu 8,47 cm³, pada hari terakhir pengamatan yaitu hari ke-20 volume gas terus meningkat menjadi 9,002 cm³.

Dari tabel di atas dapat dilihat perlakuan kedua yang dilakukan pada tanggal 07 juli – 30 juli 2022. Reaktor pertama variasi X₁ (1:1:1) dalam 5 liter air, 5 kg eceng gondok dan 5 kg kotoran sapi diketahui suhu awal adalah 27 °C dan suhu akhir 30 °C dengan pH awal 7,5 dan pH akhir 8 memproduksi gas sebesar 5,497 cm³ pada hari ke-4 pengamatan, pada hari ke-8 volume gas meningkat yaitu 5,887 cm³, pada hari ke-12 volume gas meningkat yaitu 6,957 cm³, pada hari ke-16 volume gas terus meningkat yaitu 8,527 cm³, pada hari terakhir pengamatan yaitu hari ke-20 volume gas terus meningkat menjadi 11,812 cm³. Reaktor kedua variasi X₂ (1:2:1) dalam 5 liter air, 10 kg eceng gondok dan 5 kg kotoran sapi diketahui suhu awal adalah 26 °C dan suhu akhir 39 °C dengan pH awal 7,5 dan pH akhir 8 memproduksi gas sebesar 4,721 cm³ pada hari ke-4 pengamatan, pada hari ke-8 volume gas meningkat yaitu 5,014 cm³, pada hari ke-12 volume gas meningkat yaitu 6,468 cm³, pada hari ke-16 volume gas terus meningkat yaitu 7,762 cm³, pada hari terakhir pengamatan yaitu hari ke-20 volume gas terus meningkat menjadi 7,993 cm³. Reaktor ketiga variasi X₃ (1:1:2) dalam 5 liter air, 5 kg eceng gondok dan 10 kg kotoran sapi diketahui suhu awal adalah 27 °C dan suhu akhir 32 °C dengan pH awal 7,5 dan pH akhir 8 memproduksi gas sebesar 5,771 cm³ pada hari ke-4 pengamatan, pada hari ke-8 volume gas meningkat yaitu 6,851 cm³, pada hari ke-12 volume gas meningkat yaitu 8,197 cm³, pada hari ke-16 volume gas terus meningkat yaitu 8,47 cm³, pada hari terakhir pengamatan yaitu hari ke-20 volume gas terus meningkat menjadi 9,187 cm³.

Tabel 4.2 Uji Nyala Api

Pengulangan	Reaktor	Bahan Isian Reaktor	Lama Nyala Api (Detik)
1.	1	X ₁ (1:1:1) 5 liter air, 5 kg eceng gondok dan 5 kg kotoran sapi	40 detik
	2	X ₂ (1:2:1) 5 liter air, 10 kg eceng gondok dan 5 kg kotoran sapi	36 detik
	3	X ₃ (1:1:3) 5 liter air, 5 kg eceng gondok dan 10 kg kotoran sapi	39 detik
2	4	X ₁ (1:1:1) 5 liter air, 5 kg eceng gondok dan 5 kg kotoran sapi	41 detik
	5	X ₂ (1:2:1) 5 liter air, 10 kg eceng gondok dan 5 kg kotoran sapi	37 detik
	6	X ₃ (1:1:2) 5 liter air, 5 kg eceng gondok dan 10 kg kotoran sapi	40 detik

Pengujian nyala api dilakukan setelah ban sebagai indikator mengembang besar yaitu pada hari ke-20 pada tanggal 30 Juli 2022 dengan suhu masing-masing variasi yang berbeda. Pengujian nyala api dilakukan pada malam hari agar nyala api dapat terlihat dengan jelas, api. Pada variasi X₁ (1:1:1) 5 liter air, 5 kg eceng gondok dan 5 kg kotoran sapi dengan suhu akhir 30 °C dilakukan pengujian dengan bantuan pemantik gas (korek api) dan didapatkan nyala api besar berwarna merah selama 40 detik. Sedangkan, pada variasi X₂ (1:2:1) 5 liter air, 10 kg eceng gondok dan 5 kg kotoran sapi dengan suhu akhir 29 °C dilakukan pengujian dengan bantuan pemantik gas (korek api) dan didapatkan nyala api kecil berwarna biru selama 36 detik. Pada variasi X₃ (1:1:2) 5 liter air, 5 kg eceng gondok dan 10 kg kotoran sapi dengan suhu akhir 32 °C dilakukan pengujian dengan bantuan pemantik gas (korek api) dan didapatkan nyala api besar berwarna merah selama 39 detik.

Pada pengulangan kedua variasi X₁ (1:1:1) 5 liter air, 5 kg eceng gondok dan 5 kg kotoran sapi dengan suhu akhir 30 °C dilakukan pengujian dengan bantuan pemantik gas (korek api) dan didapatkan nyala api besar berwarna merah selama 41 detik. Sedangkan, pada variasi X₂ (1:2:1) 5 liter air, 10 kg eceng gondok dan 5 kg kotoran sapi dengan suhu akhir 29 °C dilakukan

pengujian dengan bantuan pemantik gas (korek api) dan didapatkan nyala api kecil berwarna biru selama 26 detik. Pada variasi X_3 (1:1:2) 5 liter air, 5 kg eceng gondok dan 10 kg kotoran sapi dengan suhu akhir 32 °C dilakukan pengujian dengan bantuan pemantik gas (korek api) dan didapatkan nyala api besar berwarna merah selama 40 detik.

B. Pembahasan Penelitian

Biogas merupakan energi alternatif yang dihasilkan dari penguraian bahan-bahan organik dengan bantuan bakteri melalui degradasi secara anaerob. Dasar pemikiran dalam melakukan penelitian ini adalah banyaknya kotoran sapi yang dihasilkan dari peternakan sapi milik masyarakat yang tidak dimanfaatkan dan mencemari lingkungan, begitu juga dengan tanaman eceng gondok (*echornia crassipes*) yang tumbuh liar di perairan dan belum termanfaatkan dengan baik. Oleh sebab itu, maka peneliti berminat untuk melakukan penelitian ini untuk memanfaatkan kembali limbah kotoran sapi dan tanaman eceng gondok (*echornia crassipes*) menjadi biogas.

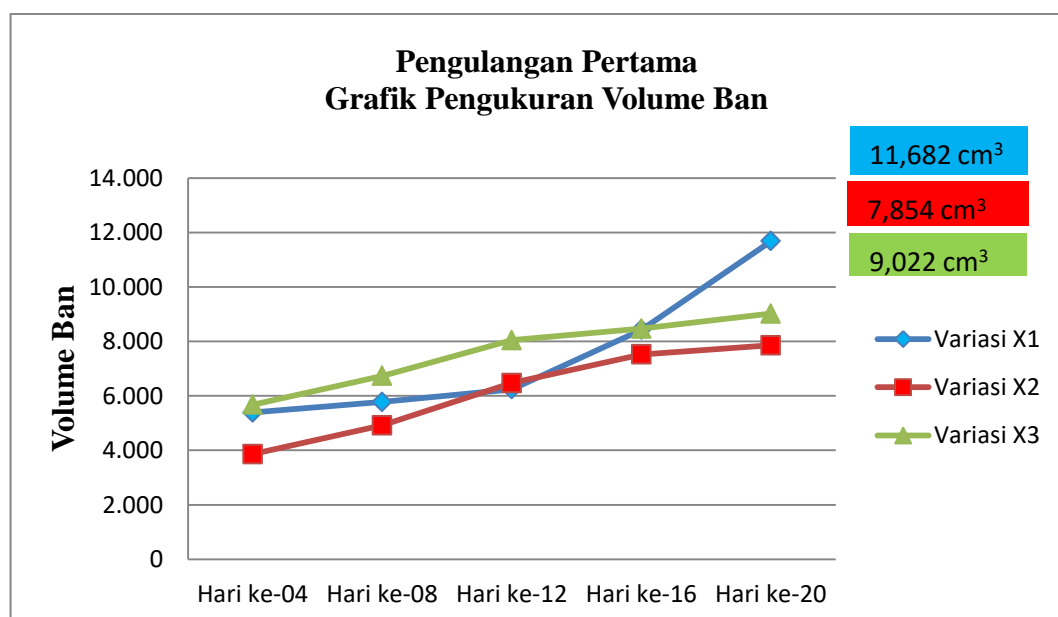
Limbah kotoran sapi yang digunakan sebagai bahan baku biogas berasal dari peternakan sapi milik masyarakat setempat. Seekor sapi per harinya dapat menghasilkan limbah sebanyak 30 kg dalam \pm 15 kali pembuangan.

Penelitian ini memakan waktu selama 28 hari dari tanggal 07 Juli – 30 Juli 2020 mulai dari pembuatan reaktor, pembuatan bahan fermentasi hingga pengujian nyala api. Dalam penelitian dilakukan 2 kali pengulangan dengan waktu dan perlakuan yang sama sehingga tidak ada perbedaan diantara kedua perlakuan. Dalam penelitian ini dilakukan pengecekan setiap hari dan pengukuran dimulai dari hari ke-4 hingga hari ke-20 pada pukul 15:00 – 15:30 WIB pada indikator yaitu ban. Pengukuran dilakukan menggunakan meteran kain sebagai alat ukur untuk mengukur diameter ban, hasil yang didapat dicatat, kemudian dihitung menggunakan rumus volume ban.

Alat-alat yang digunakan disiapkan beberapa hari sebelum penelitian dan diperiksa apakah ada kebocoran atau tidak, dengan cara mengisi angin pada ban, lalu ban dimasukkan kedalam ember berisi air dan amati untuk memastikan ban dan sambungan selang tidak ada yang bocor, sedangkan bahan-bahan seperti limbah kotoran sapi, tanaman eceng gondok (*echornia crassipes*) disiapkan 1-2 hari sebelum penelitian yaitu pada tanggal 8-9 Juli 2022, adapun

pemilihan limbah kotoran sapi yang digunakan diambil dari kandang ternak masyarakat dan diambil kotoran yang masih baru (kotoran yang belum kering/ kotoran yang dikeluarkan pada hari pengambilan feses ternak) yang ada di wilayah tempat tinggal peneliti. Dasar peneliti melakukan pengukuran di hari ke-4 adalah perubahan volume ban dari hari pertama sampai hari ketiga pengamatan belum terlihat perubahan secara signifikan.

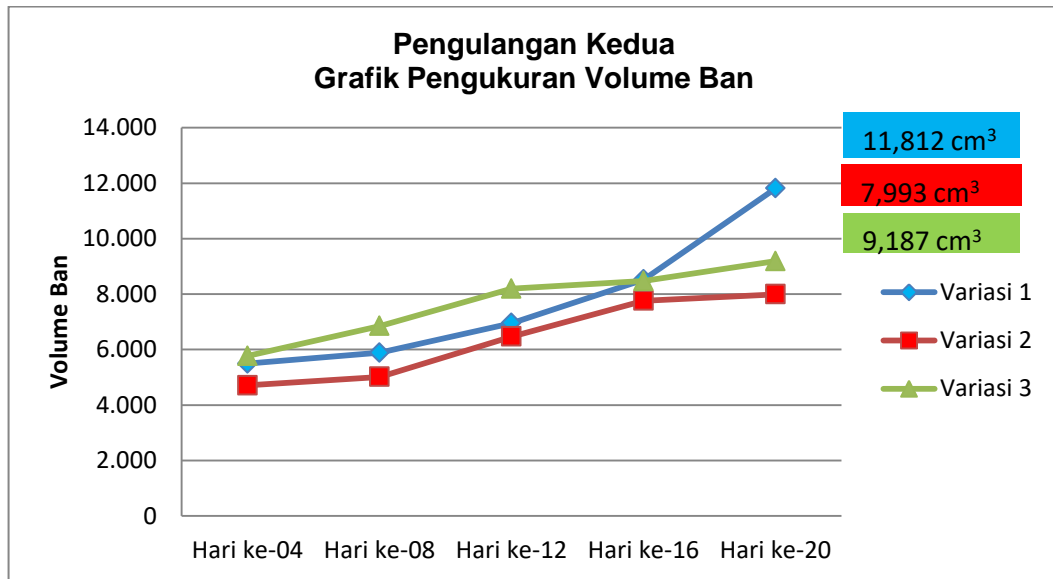
Grafik 4.1 Grafik Pengukuran Pertambahan Volume Gas Pada Ban Berdasarkan Hari



Dari grafik diatas dapat dilihat pada perlakuan pertama variasi X_1 (1:1:1) dalam 5 liter air, 5 kg eceng gondok dan 5 kg kotoran sapi, volume gas pada ban dari hari ke-04 sampai hari ke-20 pengukuran terus mengalami kenaikan yang stabil yaitu $5,380 \text{ cm}^3 - 11,682 \text{ cm}^3$. Pada variasi X_2 (1:2:1) dalam 5 liter air, 10 kg eceng gondok dan 5 kg kotoran, volume gas pada ban dari hari ke-04 sampai hari ke-20 pengukuran terus mengalami kenaikan yang stabil. Namun, volume gas yang dihasilkan lebih sedikit jika dibandingkan dengan variasi X_1 yaitu $3,858 \text{ cm}^3 - 7,854 \text{ cm}^3$. Sedangkan, pada variasi X_3 yaitu (1:1:2) dalam 5 liter air, 5 kg eceng gondok dan 10 kg kotoran sapi, volume gas pada ban dari hari ke-04 sampai hari ke-20 pengukuran mengalami kenaikan yang tidak stabil. Dari grafik diatas terlihat bahwa variasi X_3 pada hari ke-08 sampai hari ke-16 volume gas mencapai $6,732 \text{ cm}^3 - 8,045 \text{ cm}^3$ lebih tinggi jika dibandingkan dengan variasi X_1

yang hanya mencapai $5,776 \text{ cm}^3 - 6,24 \text{ cm}^3$. Namun pada hari ke-20 pengukuran volume gas pada variasi X_3 menurun jika dibandingkan dengan variasi X_1 yang terus meningkat yaitu hanya mencapai $9,022 \text{ cm}^3$.

Grafik 4.2 Grafik Pengukuran Volume Gas Pada Ban Pengulangan Kedua



Dari grafik diatas dapat dilihat pada perlakuan kedua variasi X_1 (1:1:1) dalam 5 liter air, 5 kg eceng gondok dan 5 kg kotoran sapi, volume gas pada ban dari hari ke-04 sampai hari ke-20 pengukuran terus mengalami kenaikan yang stabil yaitu $5,887 \text{ cm}^3 - 11,812 \text{ cm}^3$. Pada variasi X_2 (1:2:1) dalam 5 liter air, 10 kg eceng gondok dan 5 kg kotoran, volume gas pada ban dari hari ke-04 sampai hari ke-20 pengukuran terus mengalami kenaikan yang stabil. Namun, volume gas yang dihasilkan lebih sedikit jika dibandingkan dengan variasi X_1 yaitu $4,721 \text{ cm}^3 - 7,993 \text{ cm}^3$. Sedangkan, pada variasi X_3 (1:1:2) dalam 5 liter air, 5 kg eceng gondok dan 10 kg kotoran sapi, volume gas pada ban dari hari ke-04 sampai hari ke-20 pengukuran mengalami kenaikan yang tidak stabil. Dari grafik diatas terlihat bahwa variasi X_3 pada hari ke-08 sampai hari ke-16 volume gas mencapai $6,851 \text{ cm}^3 - 8,197 \text{ cm}^3$ lebih tinggi jika dibandingkan dengan variasi X_1 yang hanya mencapai $5,887 \text{ cm}^3 - 6,957 \text{ cm}^3$. Namun pada hari ke-20 pengukuran volume gas pada variasi X_3 menurun jika dibandingkan dengan variasi X_1 yang terus meningkat yaitu hanya mencapai $9,187 \text{ cm}^3$.



Gambar 4.1 Pengukuran Volume Ban

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, variasi X_1 (1:1:1) 5 liter air, 5 kg eceng gondok dan 5 kg kotoran sapi terus mengalami kenaikan volume secara meningkat. Terutama pada hari ke-16 sampai hari ke-20 pengukuran, volume ban mampu mencapai $8,527 \text{ cm}^3$ - $11,682 \text{ cm}^3$. Pertambahan volume ban tersebut memiliki selisih yang sangat tinggi yaitu $3,155 \text{ cm}^3$ jika dibandingkan pada pengukuran pada hari ke-4, ke-8 dan ke-12. Pada pengulangan kedua hasil yang didapatkan tidak jauh berbeda, variasi X_1 terus mengalami kenaikan volume secara meningkat. Terutama pada hari ke-16 sampai hari ke-20 pengukuran, volume ban mampu mencapai $8,527 \text{ cm}^3$ - $11,812 \text{ cm}^3$. Pertambahan volume ban tersebut memiliki selisih yang sangat tinggi yaitu $3,285 \text{ cm}^3$.

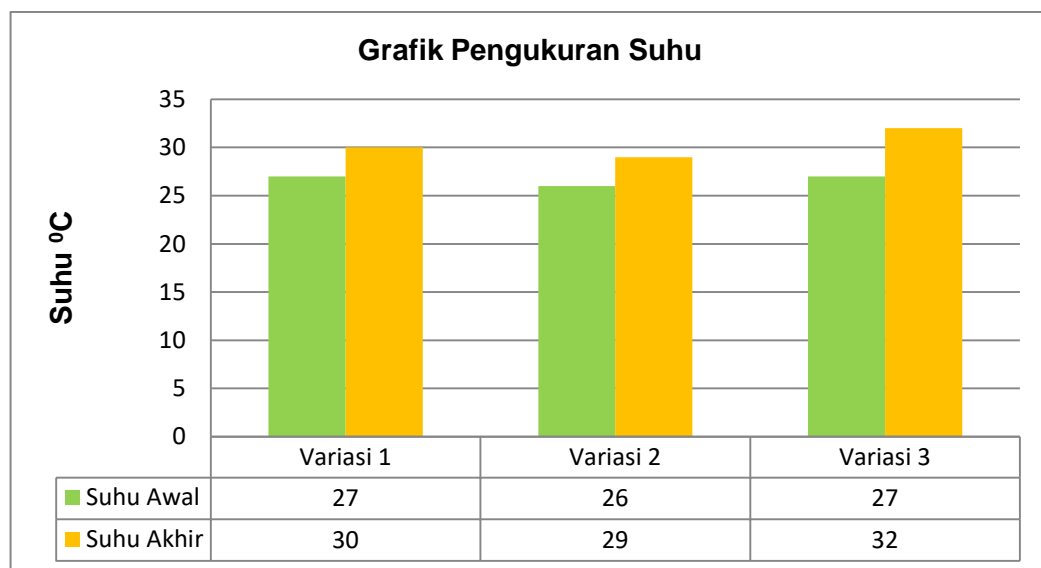
Pada variasi X_2 (1:2:1) 5 liter air, 10 kg eceng gondok dan 5 kg kotoran sapi terus mengalami kenaikan volume secara stabil. Namun, volume gas yang dihasilkan variasi X_2 lebih rendah jika dibandingkan dengan variasi X_1 dan variasi X_3 . Hal ini juga berlaku pada pengulangan kedua.

Sedangkan pada variasi X_3 (1:1:2) 5 liter air, 5 kg eceng gondok dan 10 kg kotoran sapi mengalami kenaikan volume tidak stabil. Terutama pada hari ke-8 sampai hari ke-12 pengukuran, volume ban mampu mencapai $6,732 \text{ cm}^3$ - $8,045 \text{ cm}^3$. Pertambahan volume ban tersebut memiliki selisih yang sangat tinggi yaitu $1,313 \text{ cm}^3$ jika dibandingkan pada pengukuran pada hari ke-4, ke-16 dan ke-20. Pada pengulangan kedua hasil yang didapatkan tidak jauh berbeda, variasi X_3 terus mengalami kenaikan volume secara meningkat. Terutama pada hari ke-8 sampai hari ke-12 pengukuran, volume ban mampu mencapai $6,851 \text{ cm}^3$ - $8,197 \text{ cm}^3$. Pertambahan volume ban tersebut memiliki selisih yang sangat tinggi yaitu $1,346 \text{ cm}^3$.

Dari dua kali perlakuan yang sudah dilakukan diketahui bahwa ketiga variasi campuran bahan isian reaktor mampu menghasilkan biogas yang berbeda-beda. Variasi X_1 mampu menghasilkan biogas yang relatif tinggi pada hari terakhir (hari ke-20) pengukuran yaitu $11,682 \text{ cm}^3$ dan $11,812 \text{ cm}^3$, dibandingkan dengan variasi X_2 yaitu hanya $7,854 \text{ cm}^3$ dan variasi X_3 yaitu 9.002 cm^3 . Hal ini disebabkan beberapa hal.

B.1 Suhu

Grafik 4.3 Grafik Pengukuran Suhu Bahan Isian Biogas



Pengukuran suhu bahan isian dilakukan pada awal dan akhir perlakuan. Pada grafik diatas menunjukkan bahwa suhu awal bahan isian dalam keadaan normal yaitu pada suhu 26°C - 27°C . Sedangkan pada pengukuran suhu akhir bahan isian dalam keadaan normal yaitu pada suhu 30°C - 32°C .

Suhu penting dalam perkembangbiakan bakteri dalam pembentukan biogas, suhu standar optimum biogas dibedakan atas 3 golongan yaitu thermophilic ($40-50^{\circ}\text{C}$), mesophilic ($20-40^{\circ}\text{C}$) dan psicrophilic ($40-20^{\circ}\text{C}$). Selama penelitian ini berlangsung, pada variasi X_3 (1:2:1) 5 liter air, 5 kg eceng gondok dan 10 kg kotoran sapi, suhu awal 27°C dan suhu akhir 32°C , dimana pada hari ke-8 sampai hari ke-12 mengalami peningkatan yang sangat tinggi, namun pada hari ke-20 terjadi penurunan. Hal ini disebabkan oleh fluktuasi suhu didalam reaktor, fluktuasi suhu didalam reaktor yang tidak stabil akan mengakibatkan penurunan populasi mikroorganisme sehingga dengan cepat akan berpengaruh

terhadap penurunan produksi biogas (Wahyuni, 2013). Fluktuasi suhu pada digester harus seminimal mungkin, yaitu sekitar 2-3 °C perhari untuk suhu mesophilic (Sejati, 2015).

B.2 Ukuran Partikel Substrat

Ukuran partikel substrat juga mempengaruhi pembentukan biogas. Ukuran partikel yang besar akan menghasilkan penggumpalan di dalam reaktor, sedangkan ukuran partikel yang lebih kecil lebih cepat didekomposisikan oleh bakteri. Pada variasi X₂ (1:2:1) 5 liter air, 10 kg eceng gondok dan 5 kg kotoran sapi lebih sedikit menghasilkan gas. Hal ini disebabkan pada variasi X₂ lebih banyak mengandung serat yang diperoleh dari 10 kg eceng gondok sehingga sulit untuk diuraikan oleh bakteri di dalam reaktor.

B.3 Tahapan Pembentukan Biogas

Menurut Darmanto dkk (2012) produksi gas hari ke-1 hingga ke-4 merupakan fase hidrolisis dimana selain menghasilkan produk asam organik, dan glukosa, proses hidrolisis dimana selain menghasilkan senyawa CO₂ dan H₂ yang terbentuk dari hasil katabolisme karbohidrat. Selanjutnya pada hari ke-8 hingga ke-12 merupakan fase tahap asidifikasi dimana bakteri menghasilkan asam, mengubah senyawa rantai pendek hasil proses hidrolisis menjadi asam asetat, pembentukan asam pada kondisi anaerobik tersebut penting untuk pembentuk gas metana oleh mikriorganisme pada proses selanjutnya (wahyuni 2011). Maka dari itu terjadi kenaikan yang relatif stabil. Pada hari ke-16 hingga hari ke-20 merupakan fase metanogenesis dimana bakteri penghasil gas metan dan asam bekerja sama secara simbiosis. Bakteri asam membentuk keadaan atmosfer yang ideal untuk bakteri metan, sebaliknya bakteri pembentuk gas metan menggunakan asam untuk dapat memproduksi gas dengan baik (Price dan Chremisinoff, 1981). Maka dari itu, pada tahap ini peneliti memungkinkan untuk menguji nyala api yang dihasilkan pada produksi biogas.



Gambar 4.2 Uji Nyala Api

Berdasarkan hasil yang didapatkan saat uji nyala api menggunakan pemantik gas sebagai alat untuk membantu nyala api dari gas yang dihasilkan memiliki kemampuan yang berbeda dari setiap 3 variasi campuran.

Menurut Wahyuni (2015) biogas apabila dibakar akan menghasilkan nyala api biru cerah seperti gas LPG. Biogas yang diperoleh dapat terbakar jika mengandung gas metan (CH_4) sebanyak 45% (Lazuardy, 2008) Perubahan warna api terjadi disebabkan adanya kadar gas CO_2 yang masih terkandung sebagai impuritas (material ikutan) dalam biogas yang dihasilkan. Biogas yang dihasilkan dalam penelitian ini masih tergolong rendah, rendahnya gas metan yang dihasilkan dapat dipengaruhi oleh banyak hal salah satunya suhu, pH, dan banyaknya gas CO_2 dari pada CH_4 . Selain dipengaruhi oleh suhu pH juga berpengaruh pada proses fermentasi anaerob oleh bakteri. Menurut Tarigan (2009) rentang nilai tingkat keasaman untuk berkembang biakan bakteri pembentuk metana adalah pada pH 6,8 - 8. Oleh karena itu penelitian ini sudah memenuhi kriteria untuk pembentukan metana dimana pH awal didapatkan pH 7 - 8. Jika nyala api yang dihasilkan pada proses fermentasi biogas sebentar maka volume banyak mengandung gas CO_2 dibanding CH_4 begitupun sebaliknya (Murjito, 2008).

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa reaktor pada variasi X_1 (1:1:1) 5 liter air, 5 kg eceng gondok dan 5 kg kotoran sapi banyak menghasilkan gas pada indikator ban dari pada variasi X_2 (1:2:1) 5 liter air, 10 kg

eceng gondok dan 5 kg kotoran sapi dan variasi X_3 (1:1:2) 5 liter air, 5 kg eceng gondok dan 10 kg kotoran sapi. Hal ini disebabkan oleh keseimbangan antara kandungan serat dari tanaman eceng gondok dan kesesuaian proses degradasi terhadap bakteri methan yang terkandung di dalam kotoran sapi.

C. Hambatan penelitian

Pelaksanaan dan penyelesaian penelitian skripsi ini tidak luput dari berbagai hambatan yang dihadapi. Hambatan yang dihadapi penelitian ini mencakup beberapa aspek yaitu, kendala dalam merakit reaktor dan memastikan reaktor agar tidak bocor. Selain itu, biaya yang dibutuhkan untuk pembiayaan alat dan bahan reaktor cukup besar.

Alat yang digunakan sebagai reaktor adalah tong air berukuran 25 liter, dengan sambungan selang diantara beberapa kran kompresor dan satu buah ban dal sebagai penyimpanan gas. Reaktor dirakit dalam satu waktu sebanyak 6 buah. Hal ini mengakibatkan biaya yang harus dikeluarkan cukup besar. Reaktor merupakan hal yang rentan terjadi kebocoran dari beberapa sambungan. Oleh krena itu, reaktor harus kedap udara atau tidak ada kebocoran sebagai keberhasilan proses anaerob penghasil biogas, maka dari itu harus diperhatikan kualitasnya.

Selain kendala reaktor yang rentan terjadi kebocoran dan biaya yang harus dikeluarkan cukup besar untuk penelitian. Kotoran sapi yang digunakan untuk penelitian juga diupayakan dalam bentuk yang masih baru dan hangat agar tidak mengurangi kualitas bahan baku biogas. Kotoran sapi diperoleh dari peternakan sapi di tempat peneliti. Peneliti membuat 3 variasi dengan 2 kali pengulangan dalam satu waktu. Hal ini juga mengakibatkan peneliti harus menampung cukup banyak kotoran sapi dalam satu waktu dari beberapa tempat peternakan sapi. Selain itu, tanaman eceng gondok merupakan tanaman yang memiliki serat yang kasar. Sebagai bahan baku biogas, peneliti perlu menghaluskan eceng gondok agar bakteri mudah untuk mendegradasi bahan pada saat proses fermentasi. Dikarenakan kendala ini menyebabkan peneliti harus lebih cermat dalam merakit reaktor dan memilih bahan baku agar biogas yang dihasilkan lebih baik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai “Pengaruh Variasi Campuran Kotoran Sapi Dan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) Terhadap Produksi Biogas” yang telah dilakukan selama 20 hari di Desa Aek Kuasan dapat disimpulkan bahwa:

1. volume biogas yang dihasilkan pada variasi X_1 yaitu (1:1:1) dalam 5 liter air, 5 kg eceng gondok dan 5 kg kotoran sapi dengan suhu awal 27°C dan akhir 30°C volume gas pada ban dari hari ke-04 sampai hari ke-20 pengukuran terus mengalami kenaikan yang stabil yaitu $5,380\text{ cm}^3 - 11,682\text{ cm}^3$.
2. Pada variasi X_2 yaitu (1:2:1) dalam 5 liter air, 10 kg eceng gondok dan 5 kg kotoran sapi dengan suhu awal 26°C dan akhir 29°C volume gas pada ban dari hari ke-04 sampai hari ke-20 pengukuran terus mengalami kenaikan yang stabil yaitu $3,858\text{ cm}^3 - 7,854\text{ cm}^3$.
3. Sedangkan, pada variasi X_3 yaitu (1:1:2) dalam 5 liter air, 5 kg eceng gondok dan 10 kg kotoran sapi dengan suhu awal 27°C dan akhir 32°C volume gas pada ban dari hari ke-04 sampai hari ke-20 pengukuran terus mengalami kenaikan yang kurang stabil yaitu $5,676\text{ cm}^3 - 9,883\text{ cm}^3$.

Berdasarkan kesimpulan diatas variasi X_1 yaitu (1:1:1) dalam 5 liter air, 5 kg eceng gondok dan 5 kg kotoran sapi lebih banyak mengasilkan gas dibandingkan dengan variasi lainnya.

B. Saran

1. Dalam pembuatan reaktor sebaiknya dilakukan uji kebocoran terhadap reaktor terlebih dahulu untuk mengantisipasi kebocoran pada reaktor, gunakan lem yang benar-benar kuat dan memiliki kemampuan untuk mencegah kebocoran pada reaktor.
2. Kotoran sapi yang digunakan harus dalam keadaan segar agar gas yang dihasilkan optimal.
3. Tanaman eceng gondok sebaiknya dihaluskan terlebih dahulu agar

mempermudah proses dekomposisi bahan terhadap bakteri.

4. Jauhkan reaktor dari benda tajam, binatang pengganggu dan orang yang dapat mengakibatkan kebocoran dan kerusakan pada reaktor dan ban penampung gas.
5. Sebaiknya lama waktu fermentasi dilakukan hingga 1 bulan penuh agar gas CH₄ terbentuk secara sempurna.
6. Penempatan kran sebaiknya berada di dekat sambungan Y dan ujung selang, agar gas terkumpul secara optimal di dalam ban.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrian, C., Haryanto, A., Hasanudin, U., & Zulkarnain, I. (2017). *PRODUKSI BIOGAS DARI CAMPURAN KOTORAN SAPI DENGAN RUMPUT GAJAH (Pennisetum purpureum) [PRODUCTION OF BIOGAS FROM A MIXTURE OF COWDUNG ANDELEPHANT*
- Amaranti R, M. Satorii dan S.Y. Rejeki, 2012. *Pemanfaatan Kotoran Ternak Menjadi Sumber Energi Alternatif dan Pupuk Organik*. Buana Sains Vol. 12 No. 1:99-104
- Darmanto Ardyanto, Sudjito Soeparman, Denny Widhiyanuriawan, 2012. *Pengaruh Kondisi Temperatur Mesophilic (35°C) Dan Thermophilic (55°C) Anaerob Reaktor Kotoran Kuda Terhadap Produksi Biogas*. Jurnal Rekayasa Mesin Vol.3 No.2: 317-326
- Edhi Sarwono, Febri Subekti, B. N. W. (2018). *Jurnal “ Teknologi Lingkungan ” , Volume 2 Nomor 01 , Juni 2018 Teknik Lingkungan Universitas Mulawarman Jurnal “ Teknologi Lingkungan ” , Volume 2 Nomor 01 , Juni 2018*. 2(2012), 1–10.
- Eswanto, Ilimi, Amrizon Rofenry Siahaan, 2018. *Analisa Reaktor Biogas Campuran Limbah Kotoran Kambing Dengan Jerami dan EM4 Sistem Menetap*. Jurnal Mesin Teknologi Vol.12 No.1: 40-46
- Kendali Wongso Aji Dan, M. (2015). *Pengaruh Penambahan Em4 (Effective Microorganism-Pada Pembuatan Biogas Dari Eceng Gondok dan Rumen Sapi*. *Prodi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia, 4(2), 42–49*.
<https://doi.org/10.15294/jbat.v3i2.3696>
- Kumpara. (2018). *sapi-bisa-buang-air-besar-sampai-15-kali-sehari-27431110790541912 @kumparan.com*.

- Mayang, R. A., Atiqa, O. I., Naryono, E., & Kimia, J. T. (2019). *Pengaruh kotoran sapi dan ukuran partikel terhadap pembentukan biogas*. 5(9), 41–46.
- Nasution, R. (2018). Produksi biogas dari eceng gondok dengan penambahan kotoran sapi sebagai solusi energi terbarukan menggunakan reaktor plugflow. *PROGRAM STUDI DIII TEKNIK KIMIA*, 1–121. https://repository.its.ac.id/54902/2/10411500000085_10411500000106_Non_Degree.pdf
- Razak, A., & Medan, P. N. (2019). *Analisis hasil rancang bangun alat produksi biogas dengan bahan baku kotoran ternak*. April.
- SANJAYA, Denta. *Biogas Production From a Mixture of Cow Manure with Chicken Manure*. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 2015, 4.2.
- Sihotang, Benikditus., 2010. *Kandungan Senyawa Kimia Pada Pupuk Kandang Berdasarkan Jenis Binatangnya*.
- Sulistiyanto, Y., Zubaidah, S., & Satata, B. (2016). *PEMANFAATAN KOTORAN SAPI SEBAGAI SUMBER BIOGAS*. 15, 150–158. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jum/article/download/22583/14841>
- Temperatur Mesophilic (35°C) Dan Thermophilic (55°C) Anaerob Reaktor Kotoran Kuda Terhadap Produksi Biogas*. *Jurnal Rekayasa Mesin Vol.3 No.2*: 317-326
- WAHYUNI, Sri. *Biogas energi terbarukan ramah lingkungan dan berkelanjutan*. *Kongres Ilmu Pengetahuan Nasional (KIPNAS)*, 2011.
- Wahyuni Sri. 2011. “ *Menghasilkan Biogas Dari Aneka Limbah* “. Bogor : Agro Media. Darmanto Ardyanto, Sudjito Soeparman, Denny Widhiyanuriawan, 2012. *Pengaruh Kondisi*
- Wahyuni Sri. 2015. *Panduan Praktis Biogas*. Jakarta : Penebar Swadaya

Lampiran 1

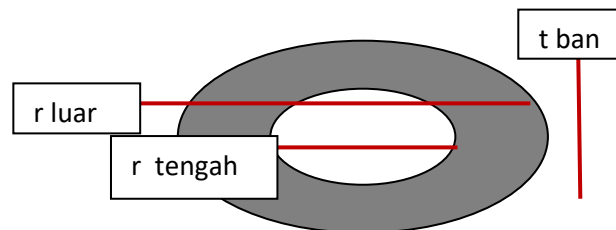
Rumus Volume Ban

Rumus volume ban sebagai berikut:

$$V \text{ total} = \pi r^2 t$$

$$V \text{ ban} = V \text{ total} - V \text{ tabung tengah}$$

$$V \text{ ban} = V \text{ total} - \pi r^2 t$$



Keterangan :

π = Konstanta $\frac{22}{7}$ atau 3,14

r = Jari-jari luar terhadap diameter ban dalam

t = Tinggi ban dalam

r = Jari-jari tengah terhadap diameter ban dalam

Lampiran 2

14.09.2022
Kamis.

Volume Ban

I. X_1 = diameter ban = 56 $\rightarrow r = 28$ = tinggi ban = 5 = d. tengah ban = 42 $\rightarrow r = 21$	II. X_1 = diameter ban = 55,8 $\rightarrow 28$ = tinggi ban = 5,1 \rightarrow = d. tengah ban = 42 $\rightarrow r = 21$
X_2 = diameter ban = 58 $\rightarrow r = 29$ = tinggi ban = 4 = d. tengah ban = 48 $\rightarrow r = 22$	X_2 = diameter ban = 58 $\rightarrow r = 29$ = tinggi ban = 4,2 = d. tengah ban = 44 $\rightarrow r = 22$
X_3 = diameter ban = 56 $\rightarrow r = 28$ = tinggi ban = 6 = d. tengah ban = 44 $\rightarrow r = 22$	X_3 = diameter ban = 56 $\rightarrow r = 28$ = tinggi ban = 6,1 = d. tengah ban = 44 $\rightarrow r = 22$

Rumus Perhitungan Volume Ban

I. $X_1 = V_{\text{total}} = \pi r^2 t$ $= \frac{22}{7} \cdot 28^2 \cdot 5$ $= 22 \cdot 112 \cdot 5$ $= 12.320$	$X_2 = V_{\text{total}} = \pi r^2 t$ $= \frac{22}{7} \cdot 29^2 \cdot 4$ $= 22 \cdot 120 \cdot 4$ $= 10.560$	$X_3 = V_{\text{total}} = \pi r^2 t$ $= \frac{22}{7} \cdot 28^2 \cdot 6$ $= 22 \cdot 112 \cdot 6$ $= 14.784$
$V_{\text{ban}} = V_{\text{total}} - V_{\text{tengah ban}}$ $= 12.320 - (\pi \cdot 21^2 \cdot 5)$ $= 12.320 - (\frac{22}{7} \cdot 21^2 \cdot 5)$ $= 12.320 - (22 \cdot 63 \cdot 5)$ $= 12.320 - 6.930$ $= 5.390 \text{ cm}^3$	$V_{\text{ban}} = 10.560 - (\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 4)$ $= 10.560 - (22 \cdot 69 \cdot 4)$ $= 10.560 - 6.072$ $= 3.858 \text{ cm}^3$	$V_{\text{ban}} = 14.784 - (\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 6)$ $= 14.784 - (22 \cdot 69 \cdot 6)$ $= 14.784 - 9.108$ $= 5.676 \text{ cm}^3$
II. $X_1 = V_{\text{total}} = \pi r^2 t$ $= \frac{22}{7} \cdot 28^2 \cdot 5,1$ $= 22 \cdot 112 \cdot 5,1$ $= 12.566$	$X_2 = V_{\text{total}} = \pi r^2 t$ $= \frac{22}{7} \cdot 29^2 \cdot 4,2$ $= 22 \cdot 120 \cdot 4,2$ $= 11.088$	$X_3 = V_{\text{total}} = \pi r^2 t$ $= \frac{22}{7} \cdot 28^2 \cdot 6,1$ $= 22 \cdot 112 \cdot 6,1$ $= 15.030$
$V_{\text{ban}} = 12.566 - (\frac{22}{7} \cdot 21^2 \cdot 5,1)$ $= 12.566 - (22 \cdot 63 \cdot 5,1)$ $= 12.566 - 7.069 = 5.497 \text{ cm}^3$	$V_{\text{ban}} = 11.088 - (\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 4,2)$ $= 11.088 - (22 \cdot 69 \cdot 4,2)$ $= 11.088 - 6.376 = 4.712 \text{ cm}^3$	$V_{\text{ban}} = 15.030 - (\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 6,1)$ $= 15.030 - (22 \cdot 69 \cdot 6,1)$ $= 15.030 - 9.859$ $= 5.171 \text{ cm}^3$

Volume Ban

I. X_1 : diameter ban = 56 $\rightarrow r = 28$
 = tinggi ban = 6
 = d. tengah ban = 44 $\rightarrow r = 22$

X_2 : diameter ban = 56 $\rightarrow r = 28$
 = tinggi ban = 5,2
 = d. tengah ban = 44 $\rightarrow r = 22$

X_3 : diameter ban = 58 $\rightarrow r = 29$
 = tinggi ban = 6
 = d. tengah ban = 44 $\rightarrow r = 22$

II. X_1 : diameter ban = 56,4 $\rightarrow r = 28,2$
 = tinggi ban = 6
 = d. tengah ban = 44 $\rightarrow r = 22$

X_2 : diameter ban = 56 $\rightarrow r = 28$
 = tinggi ban = 5,3
 = d. tengah ban = 44 $\rightarrow r = 22$

X_3 : diameter ban = 58,2 $\rightarrow r = 29,1$
 = tinggi ban = 6
 = d. tengah ban = 44 $\rightarrow r = 22$

Rumus Perhitungan Volume Ban

I $X_1 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 t$
 $= \frac{22}{7} \cdot 28^2 \cdot 6$
 $= 22 \cdot 112 \cdot 6$
 $= 14.784$

$V_{\text{ban}} = 14.784 - (x \cdot r^2 \cdot t)$
 $= 14.784 - \left(\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 6 \right)$
 $= 14.784 - (22 \cdot 69 \cdot 6)$
 $= 14.784 - 9.108$
 $= 5.676 \text{ cm}^3$

$X_2 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 t$
 $= \frac{22}{7} \cdot 28^2 \cdot 5,2$
 $= 22 \cdot 112 \cdot 5,2$
 $= 12.813$

$V_{\text{ban}} = 12.813 - \left(\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 5,2 \right)$
 $= 12.813 - (22 \cdot 69 \cdot 5,2)$
 $= 12.813 - 7.894$
 $= 4.919 \text{ cm}^3$

$X_3 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 t$
 $= \frac{22}{7} \cdot 29^2 \cdot 6$
 $= 22 \cdot 120 \cdot 6$
 $= 15.840$

$V_{\text{ban}} = 15.840 - \left(\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 6 \right)$
 $= 15.840 - (22 \cdot 69 \cdot 6)$
 $= 15.840 - 9.108$
 $= 6.732 \text{ cm}^3$

II. $X_1 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 t$
 $= \frac{22}{7} \cdot 28,2^2 \cdot 6$
 $= 22 \cdot 113,6 \cdot 6$
 $= 14.995$

$V_{\text{ban}} = 14.995 - \left(\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 6 \right)$
 $= 14.995 - (22 \cdot 69 \cdot 6)$
 $= 14.995 - 9.108$
 $= 5.887 \text{ cm}^3$

$X_2 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 t$
 $= \frac{22}{7} \cdot 28^2 \cdot 5,3$
 $= 22 \cdot 112 \cdot 5,3$
 $= 13.059$

$V_{\text{ban}} = 13.059 - \left(\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 5,3 \right)$
 $= 13.059 - (22 \cdot 69 \cdot 5,3)$
 $= 13.059 - 8.045$
 $= 5.014 \text{ cm}^3$

$X_3 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 t$
 $= \frac{22}{7} \cdot 29,1^2 \cdot 6$
 $= 22 \cdot 120,9 \cdot 6$
 $= 15.959$

$V_{\text{ban}} = 15.959 - \left(\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 6 \right)$
 $= 15.959 - (22 \cdot 69 \cdot 6)$
 $= 15.959 - 9.108$
 $= 6.851 \text{ cm}^3$

22.07.2022

Volume Bun.

I. X_1 : diameter bun = 58 $\rightarrow r = 29$
 : tinggi bun = 6
 : d. tengah bun = 44 $\rightarrow r = 22$

X_2 : diameter bun = 56 $\rightarrow r = 28$
 : tinggi bun = 6
 : d. tengah bun = 42 $\rightarrow r = 21$

X_3 : diameter bun = 60 $\rightarrow r = 30$
 : tinggi bun = 6,9
 : d. tengah bun = 46 $\rightarrow r = 23$

II. X_1 : diameter bun = 58,6 $\rightarrow r = 29,3$
 : tinggi bun = 5,9
 : d. tengah bun = 44 $\rightarrow r = 22$

X_2 : diameter bun = 56 $\rightarrow r = 28$
 : tinggi bun = 6
 : d. tengah bun = 42 $\rightarrow r = 21$

X_3 : diameter bun = 60,1 $\rightarrow r = 30,05$
 : tinggi bun = 6,9
 : d. tengah bun = 46 $\rightarrow r = 23$

Rumus Volume Bun

I. $X_1 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 t$

$$= \frac{22}{7} \cdot 29^2 \cdot 6$$

$$= 22 \cdot 120,6$$

$$= 15,840$$

$$V_{\text{bun}} = 15,840 - \left(\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 6 \right)$$

$$= 15,840 - (22 \cdot 69 \cdot 6)$$

$$= 15,840 - 9,108$$

$$= 6,732 \text{ cm}^3$$

$X_2 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 t$

$$= \frac{22}{7} \cdot 28^2 \cdot 6$$

$$= 22 \cdot 112 \cdot 6$$

$$= 14,784$$

$$V_{\text{bun}} = 14,784 - \left(\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 6 \right)$$

$$= 14,784 - (22 \cdot 63 \cdot 6)$$

$$= 14,784 - 8,316$$

$$= 6,468 \text{ cm}^3$$

$X_3 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 t$

$$= \frac{22}{7} \cdot 30^2 \cdot 6,9$$

$$= 22 \cdot 128 \cdot 6,9$$

$$= 19,430$$

$$V_{\text{bun}} = 19,430 - \left(\frac{22}{7} \cdot 23^2 \cdot 6,9 \right)$$

$$= 19,430 - (22 \cdot 75,6,9)$$

$$= 19,430 - 11,385$$

$$= 8,045 \text{ cm}^3$$

II. $X_1 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 t$

$$= \frac{22}{7} \cdot 29,3^2 \cdot 5,9$$

$$= 22 \cdot 122,6 \cdot 5,9$$

$$= 15,913$$

$$V_{\text{bun}} = 15,913 - \left(\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 5,9 \right)$$

$$= 15,913 - (22 \cdot 69 \cdot 5,9)$$

$$= 15,913 - 8,956$$

$$= 6,957 \text{ cm}^3$$

$X_2 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 t$

$$= \frac{22}{7} \cdot 28^2 \cdot 6$$

$$= 22 \cdot 112 \cdot 6$$

$$= 14,784$$

$$V_{\text{bun}} = 14,784 - \left(\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 6 \right)$$

$$= 14,784 - (22 \cdot 63 \cdot 6)$$

$$= 14,784 - 8,316$$

$$= 6,468 \text{ cm}^3$$

$X_3 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 t$

$$= \frac{22}{7} \cdot 30,05^2 \cdot 6,9$$

$$= 22 \cdot 129 \cdot 6,9$$

$$= 19,582$$

$$V_{\text{bun}} = 19,582 - \left(\frac{22}{7} \cdot 23^2 \cdot 6,9 \right)$$

$$= 19,582 - (22 \cdot 75 \cdot 6,9)$$

$$= 19,582 - 11,385$$

$$= 8,197 \text{ cm}^3$$

Volume Ban

I. X_1 : diameter ban = 58 $\rightarrow r = 29$
 = tinggi ban = 6,8
 = d. tengah ban = 44 $\rightarrow r = 22$

II. X_2 : diameter ban = 58 $\rightarrow r = 29$
 = tinggi ban = 6,8
 = d. tengah ban = 44 $\rightarrow r = 22$

X_2 : diameter ban = 58 $\rightarrow r = 29$
 = tinggi ban = 6
 = d. tengah ban = 42 $\rightarrow r = 21$

X_2 : diameter ban = 58,4 $\rightarrow r = 29,2$
 = tinggi ban = 6
 = d. tengah ban = 42 $\rightarrow r = 21$

X_3 : diameter ban = 62 $\rightarrow r = 31$
 = tinggi ban = 7
 = d. tengah ban = 48 $\rightarrow r = 24$

X_3 : diameter ban = 62 $\rightarrow r = 31$
 = tinggi ban = 7
 = d. tengah ban = 48 $\rightarrow r = 24$

Rumus Volume Ban

I. $X_1 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 t$

$$= \frac{22}{7} \cdot 29^2 \cdot 6,8$$

$$= 22.120.6,8$$

$$= 17.952$$

$$V_{\text{ban}} = 17.952 - \left(\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 6,8 \right)$$

$$= 17.952 - (22.63.6,8)$$

$$= 17.952 - 9.425$$

$$= 8.27 \text{ cm}^3$$

$X_2 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 t$

$$= \frac{22}{7} \cdot 29^2 \cdot 6$$

$$= 22.120.6$$

$$= 15.840$$

$$V_{\text{ban}} = 15.840 - \left(\frac{22}{7} \cdot 21^2 \cdot 6 \right)$$

$$= 15.840 - (22.63.6)$$

$$= 15.840 - 8.316$$

$$= 7.524 \text{ cm}^3$$

$X_3 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 t$

$$= \frac{22}{7} \cdot 31^2 \cdot 7$$

$$= 22.137.7$$

$$= 21.098$$

$$V_{\text{ban}} = 21.098 - \left(\frac{22}{7} \cdot 24^2 \cdot 7 \right)$$

$$= 21.098 - (22.628)$$

$$= 21.098 - 12.628$$

$$= 8.47 \text{ cm}^3$$

II. $X_1 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 t$

$$= \frac{22}{7} \cdot 29^2 \cdot 6,8$$

$$= 22.120.6,8$$

$$= 17.952$$

$$V_{\text{ban}} = 17.952 - \left(\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 6,8 \right)$$

$$= 17.952 - (22.63.6,8)$$

$$= 17.952 - 9.425$$

$$= 8.527 \text{ cm}^3$$

$X_2 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 t$

$$= \frac{22}{7} \cdot 29^2 \cdot 6$$

$$= 22.121,8.6$$

$$= 16.078$$

$$V_{\text{ban}} = 16.078 - \left(\frac{22}{7} \cdot 21^2 \cdot 6 \right)$$

$$= 16.078 - (22.63.6)$$

$$= 16.078 - 8.316$$

$$= 7.762 \text{ cm}^3$$

$X_3 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 t$

$$= \frac{22}{7} \cdot 31^2 \cdot 7$$

$$= 22.137.7$$

$$= 21.098$$

$$V_{\text{ban}} = 21.098 - \left(\frac{22}{7} \cdot 24^2 \cdot 7 \right)$$

$$= 21.098 - (22.62.7)$$

$$= 21.098 - 12.628$$

$$= 8.47 \text{ cm}^3$$

30-07-2022

Volume Ban

I. X_1 : diameter ban = 60 $\rightarrow r = 30$
 = tinggi ban = 9
 = d. tengah ban = 44 $\rightarrow r = 22$

X_2 : diameter ban = 58 $\rightarrow r = 29$
 = tinggi ban = 7
 = d. tengah ban = 44 $\rightarrow r = 22$

X_3 : diameter ban = 62 $\rightarrow r = 31$
 = tinggi ban = 7,5
 = d. tengah ban = 48 $\rightarrow r = 24$

II. X_1 : diameter ban = 60 $\rightarrow r = 30$
 = tinggi ban = 9,1
 = d. tengah ban = 44 $\rightarrow r = 22$

X_2 : diameter ban = 58,2 $\rightarrow r = 29,1$
 = tinggi ban = 7
 = d. tengah ban = 44 $\rightarrow r = 22$

X_3 : diameter ban = 62,2 $\rightarrow r = 31,1$
 = tinggi ban = 7,5
 = d. tengah ban = 48 $\rightarrow r = 24$

Rumus Volume Ban

I. $X_1 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 t$

$= \frac{22}{7} \cdot 30^2 \cdot 9$

$= 22 \cdot 128 \cdot 9$

$= 25.344$

$V_{\text{ban}} = 25.344 - \left(\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 9 \right)$

$= 25.344 - (22 \cdot 69 \cdot 9)$

$= 25.344 - 13.662$

$= 11.682 \text{ cm}^3$

$X_2 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 t$

$= \frac{22}{7} \cdot 29^2 \cdot 7$

$= 22 \cdot 110 \cdot 7$

$= 18.480$

$V_{\text{ban}} = 18.480 - \left(\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 7 \right)$

$= 18.480 - (22 \cdot 69 \cdot 7)$

$= 18.480 - 10.626$

$= 7.854 \text{ cm}^3$

$X_3 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 t$

$= \frac{22}{7} \cdot 31^2 \cdot 7,5$

$= 22 \cdot 137 \cdot 7,5$

$= 22.605$

$V_{\text{ban}} = 22.605 - \left(\frac{22}{7} \cdot 24^2 \cdot 7,5 \right)$

$= 22.605 - (22 \cdot 82 \cdot 7,5)$

$= 22.605 - 13.530$

$= 9.022 \text{ cm}^3$

II. $X_1 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 t$

$= \frac{22}{7} \cdot 30^2 \cdot 9,1$

$= 22 \cdot 128 \cdot 9,1$

$= 25.626$

$V_{\text{ban}} = 25.626 - \left(\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 9,1 \right)$

$= 25.626 - (22 \cdot 69 \cdot 9,1)$

$= 25.626 - 13.814$

$= 11.812 \text{ cm}^3$

$X_2 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 t$

$= \frac{22}{7} \cdot 29,1^2 \cdot 7$

$= 22 \cdot 120,9 \cdot 7$

$= 18.619$

$V_{\text{ban}} = 18.619 - \left(\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 7 \right)$

$= 18.619 - (22 \cdot 69 \cdot 7)$

$= 18.619 - 10.626$

$= 7.993 \text{ cm}^3$

$X_3 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 t$

$= \frac{22}{7} \cdot 31,1^2 \cdot 7,5$

$= 22 \cdot 138 \cdot 7,5$

$= 22.770$

$V_{\text{ban}} = 22.770 - \left(\frac{22}{7} \cdot 24^2 \cdot 7,5 \right)$

$= 22.770 - (22 \cdot 82 \cdot 7,5)$

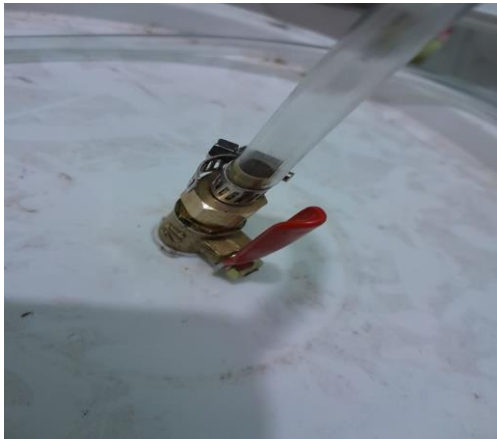
$= 22.770 - 13.530$

$= 9.187 \text{ cm}^3$

DOKUMENTASI

A. Pembedan Reaktor





B. Persiapan Bahan Isian





C. Pelaksanaan Penelitian

